

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE05/000292

International filing date: 21 February 2005 (21.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 011 433.1
Filing date: 09 March 2004 (09.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 26 April 2005 (26.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 011 433.1

Anmeldetag: 09. März 2004

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, 81669 München/DE

Bezeichnung: Logik-Grundzelle, Logik-Grundzellen-Anordnung und Logik-Vorrichtung

IPC: H 03 K 19/094

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. April 2005
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Agurks'.

Agurks

Beschreibung

Logik-Grundzelle, Logik-Grundzellen-Anordnung und Logik-Vorrichtung

5

Die Erfindung betrifft eine Logik-Grundzelle, eine Logik-Grundzellen-Anordnung und eine Logik-Vorrichtung.

10

Mit dem Aufkommen der Digitaltechnik und der sich sprunghaft entwickelnden Mikroprozessortechnik entstand ein Bedarf nach programmierbarer Logik. Ein PLD ("Programmable Logical Device") ist ein integrierter Schaltkreis, der vom Anwender mittels Programmierens in seiner Logikfunktion festgelegt wird. Ein PLD ist eine Architektur für digitale

15

Logikoperationen mit einer Mehrzahl von Schaltern, welche eine Vielzahl von Signalpfaden ermöglichen. Die einem PLD anwenderspezifisch zugeordnete Logikfunktion wird mittels Konfigurierens des PLDs festgelegt.

20

Zu den PLDs gehören unter anderen Field Programmable Gate Arrays (FPGAs), deren Funktionalität ihnen vom Anwender zugeordnet werden kann, und Mask Programmable Gate Arrays (MPGAs, auch "structured ASICs" genannt), welchen mittels hardwaremäßigen Konfigurierens eine Logikfunktion zugewiesen werden kann. Via Programmable Gate Arrays (VPGAs) gehören zu den MPGAs.

Eine digitale Logikzelle bildet n Eingangssignale auf ein Ausgangssignal ab. Die Anzahl der möglichen

30

Abbildungsfunktionen ist 2^{2^n} . Eine Schaltungsgruppe als digitale Logikzelle wird gemäß dem Stand der Technik z.B. unter Verwendung von sogenannten Look-Up-Tabellen (LUT), anschaulich Nachschlagetabellen, realisiert. Hierfür werden

Funktionswerte der Logikfunktion mittels eines Datenwortes von 2^n Bit eingestellt. Mit anderen Worten ist die jeweils ausgewählte Logikfunktion in ein Datenwort kodiert.

Entsprechend der ausgewählten Logikfunktion werden n

- 5 Eingangssignale a_0, a_1, \dots, a_{n-1} miteinander verknüpft. Somit können die Logikeingangssignale der Logikfunktion $y=f(a_0, a_1, \dots, a_{n-1})$ als binäre Adresse angesehen werden und in eine One-Hot-Codierung gewandelt werden, um anschließend über Pass-Gate-Logik den Funktionswert zu wählen. Ein solches
- 10 Verfahren ist zum Beispiel in [1] offenbart.

- Alternativ können die Eingänge als Steuereingänge für einen Multiplexer-Baum dienen, siehe [2]. Die Multiplexer können logikbasiert und/oder auf Basis von Transmissions-Gates
- 15 realisiert werden.

In [3] ist ein FPGA auf Basis einer Look-Up-Tabelle (LUT) offenbart.

- 20 Die aus dem Stand der Technik bekannten Logik-Grundzellen unter Verwendung einer Look-Up-Tabelle weisen hinsichtlich Schaltgeschwindigkeit bzw. Störsicherheit Nachteile auf. Die bekannten Lösungen lassen sich ferner für viele Anwendungen nicht ausreichend kompakt im Layout realisieren. Daher ist
- 25 mit den aus dem Stand der Technik bekannten LUT-Lösungen eine fortgesetzte Skalierung nur schwierig möglich.

- Alternativ zu den bekannten LUT-Architekturen sind aus dem Stand der Technik Verschaltungen aus einzelnen Logikgattern
- 30 bekannt, mit denen eine gewünschte Logikfunktion gebildet werden kann. Allerdings ist eine solche Architektur auf das Bilden einer ganz bestimmten Logikfunktion beschränkt, wohingegen der Gesamtumfang aller möglichen Logikabbildungs-



Funktionen unter Verwendung vorgegebener Logikgatter nur sehr aufwendig zu realisieren ist. Auch hinsichtlich der erreichbaren Schaltgeschwindigkeit sind die komplizierten Logikgatter beschränkt. Die Einschränkung des Umfangs der möglichen Logikfunktionen kompliziert die automatische Logikpartitionierung bei einem FPGA Entwurf erheblich.

Ein anderer Ansatz besteht darin, logische Komplexgatter, die eine Verknüpfung von mehreren logischen Eingängen realisieren, flexibel beschaltbar zu machen und durch geschicktes Kombinieren von weniger als den möglichen Eingängen zu einer vollständigen oder fast vollständigen Abdeckung des kombinatorischen Funktionsraums zu gelangen. Eine solche Realisierung weist jedoch den Nachteil auf, dass Flexibilität außerhalb der Zelle zur inneren logischen Konfiguration der Zelle benutzt wird und damit eingeschränkt ist. Außerdem ist das funktionelle Mapping in der Regel aufwendig.

Der Erfindung liegt insbesondere das Problem zugrunde, eine Logik-Grundzelle bereitzustellen, die mit vertretbarem Flächenaufwand fertigbar ist und eine ausreichend gute Signalverarbeitungsgeschwindigkeit aufweist.

Das Problem wird durch eine Logik-Grundzelle, durch eine Logik-Grundzellen-Anordnung und durch eine Logik-Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

Die erfindungsgemäße Logik-Grundzelle zum Bilden eines Ausgangssignals aus mindestens drei Eingangssignalen gemäß einer vorgebbaren Logikfunktion enthält einen ersten Logikfunktionsblock mit zwei Datensignaleingängen, an denen

ein erstes Eingangssignal und ein zweites Eingangssignal anlegbar sind, und mit einem Datensignalausgang zum Bereitstellen einer Logikverknüpfung des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals gemäß einer vorgebbaren ersten Logikteilmfunktion. Ferner enthält die Logik-Grundzelle einen zweiten Logikfunktionsblock mit zwei Datensignaleingängen, an denen das erste Eingangssignal und das zweite Eingangssignal anlegbar sind, und mit einem Datensignalausgang zum Bereitstellen einer Logikverknüpfung des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals gemäß einer vorgebbaren zweiten Logikteilmfunktion. Ferner ist ein erster Logik-Transistor mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss bereitgestellt, der mit dem Datensignalausgang des ersten Logikfunktionsblocks gekoppelt ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein drittes Eingangssignal bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal bereitstellbar ist. Darüber hinaus ist ein zweiter Logik-Transistor mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss bereitgestellt, der mit dem Datensignalausgang des zweiten Logikfunktionsblocks gekoppelt ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein zu dem dritten Eingangssignal komplementäres Signal bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des ersten Logik-Transistors gekoppelt ist.

Die erfindungsgemäße Logik-Grundzellen-Anordnung zum Bilden eines Ausgangssignals aus mindestens vier Eingangssignalen gemäß einer vorgebbaren Logikfunktion enthält eine erste Logik-Grundzelle mit den oben beschriebenen Merkmalen. Ferner ist ein dritter Logik-Transistor bereitgestellt, mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, an den das Ausgangssignal der ersten Logik-Grundzelle anlegbar ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein viertes Eingangssignal bereitstellbar

ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der Logik-Grundzellen-Anordnung bereitstellbar ist. Darüber hinaus enthält die Logik-Grundzellen-Anordnung eine zweite Logik-Grundzelle mit den oben beschriebenen Merkmalen. Ferner ist ein vierter Logik-Transistor bereitgestellt, mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der zweiten Logik-Grundzelle anlegbar ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein zu dem vierten Eingangssignal komplementäres Signal bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten Logik-Transistors gekoppelt ist.

Ferner ist erfindungsgemäß eine Logik-Vorrichtung zum Bilden einer logischen Verknüpfung von mehr als vier Datensignalen geschaffen, die eine Mehrzahl von Logik-Grundzellen-Anordnung mit den oben beschriebenen Merkmalen aufweist.

Eine Grundidee der Erfindung beruht darauf, in einer Logik-Grundzelle zwei mittels zweier Logikfunktionsblöcke generierte Logik-Verknüpfungen einer ersten Anzahl von Eingangssignalen miteinander in vorteilhafter Weise so zu verknüpfen, dass mit geringem Hardware-Aufwand eine komplexere Logikfunktion einer größeren Anzahl von Eingangssignalen realisiert wird. Eine zu realisierende komplexe Logikfunktion wird anschaulich basierend auf der sogenannten Shannon-Zerlegung auf einfachere Logikteilmfunktionen zurückgeführt, und dies in schaltungstechnisch besonders einfacher Weise mittels zweier Logik-Transistoren.

Mit der in Gleichung (1) dargestellten Shannon-Zerlegung kann eine Logikfunktion $y(a_0, a_1, a_2)$ von beispielsweise drei

Eingangssignalen a_0, a_1, a_2 in zwei Logikteilfunktionen $y_0(a_1, a_0), y_1(a_1, a_0)$ zerlegt werden, welche Logikteilfunktionen von einem Eingangssignal nicht mehr abhängen. Das Bilden der Funktion y aus y_0 und y_1 erfolgt unter Verwendung des dritten Eingangssignals a_2 und des dazu logisch komplementären Signals $\overline{a_2}$:

$$y(a_2, a_1, a_0) = \overline{a_2} \cdot y_0(a_1, a_0) \vee a_2 \cdot y_1(a_1, a_0) \quad (1)$$

Verallgemeinert auf eine Funktion f von n Eingangssignalen, die auf zwei Teilfunktionen f_0, f_1 von jeweils $(n-1)$ Eingangssignalen zurückgeführt wird, ergibt sich

$$f(a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0) = \overline{a_n} \cdot f_0(a_{n-1}, \dots, a_0) \vee a_n \cdot f_1(a_{n-1}, \dots, a_0) \quad (2)$$

Anschaulich wird eine Aussage der booleschen Logik als Grundlage für eine Schaltungsarchitektur verwendet, welche in der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle realisiert ist. Die Funktion $f(a_n, a_{n-1}, \dots, a_0)$ von $n+1$ Eingangssignalen a_i lässt sich gemäß der booleschen Logik gemäß Gleichung (2) auf zwei Funktionen f_0, f_1 von jeweils n Eingangssignalen a_i zurückführen.

Für den Fall $n=2$, das heißt für eine Funktion von $n+1=3$ Eingangssignalen, ist somit die Logikgesamtfunktion f als Funktion dreier Eingangssignale auf zwei Logikteilfunktionen f_0 und f_1 von je zwei Eingangssignalen zurückgeführt. Jede der Logikteilfunktionen f_0, f_1 kann von einem der Logikfunktionsblöcke einer Logik-Grundzelle realisiert werden.

Erfindungsgemäß wird die Rückführung einer Funktion f von allgemein n Variablen auf zwei Funktionen mit jeweils $(n-1)$ Variablen dadurch realisiert, dass die ersten und zweiten Logik-Transistoren in der beschriebenen Weise mit den Datensignalausgängen der ersten und zweiten Logikfunktionsblöcke verschaltet werden. Diese Realisierung stellt eine schaltungstechnisch besonders vorteilhafte Verwirklichung von Gleichung (1) bzw. (2) dar, bei der eine geringe Anzahl verwendeter Transistoren mit einer hohen Signalverarbeitungsgeschwindigkeit und einem geringen Flächenbedarf auf einem Halbleiterwafer kombiniert sind.

Anschaulich wird in einem ersten Logikfunktionsblock, dessen Aufbau beliebig ist, die Logikfunktion $y_0(a_1, a_0)$ (bzw. allgemein f_0 gemäß Gleichung (2)) dadurch realisiert, dass an den Eingängen des ersten Logikfunktionsblocks die Eingangssignale a_0, a_1 bereitgestellt werden und der Logikfunktionsblock hinsichtlich seiner Funktionalität derart eingerichtet ist, dass er die Logikfunktion y_0 realisiert.

Ferner wird in einem zweiten Logikfunktionsblock die Funktion $y_1(a_1, a_0)$ (bzw. allgemein f_1 gemäß Gleichung (2)) realisiert, indem an den Eingängen des zweiten Logikfunktionsblocks die Datensignale a_1, a_0 bereitgestellt werden und das Ausgangssignal $y_1(a_1, a_0)$ an dem Ausgang des zweiten Logikfunktionsblocks bereitgestellt ist. Unter Verwendung von nur zwei Transistoren, nämlich des ersten und des zweiten Logik-Transistors, werden die gemäß den auswählbaren Logikteilmfunktionen gebildeten Logikfunktionswerte y_0, y_1 (bzw. allgemein f_0, f_1 gemäß Gleichung (2)) derart mit dem

drritten Datensignal a_2 bzw. mit den dazu logisch komplementären Signal $\overline{a_2}$ verknüpft, dass gemäß Gleichung (1) bzw. (2) die Gesamtfunktion y bzw. f realisiert wird. Diese Verknüpfung ist erfindungsgemäß mit lediglich zwei

zusätzlichen Feldeffekttransistoren realisierbar, so dass eine schaltungstechnisch äußerst günstige Verkopplung der Datensignale a_0 , a_1 , a_2 ermöglicht ist.

5 Anschaulich ist erfindungsgemäß die Verwendung eines expliziten Multiplexers zum Verkopplern der Logikteilfunktionen y_0 , y_1 mit dem dritten Datensignal a_2 bzw. dessen logisch komplementären Signal $\overline{a_2}$ vermieden. Die Funktionalität eines Multiplexers wird anschaulich von den
10 zwei Logik-Transistoren erfüllt.

Anders ausgedrückt ermöglicht die Erfindung eine Realisierung von Funktionen von mehr als zwei Eingangssignalen mit einer geringen Anzahl von Transistoren, wobei ein expliziter
15 Multiplexer entbehrlich ist, so dass nur eine optimal geringe Anzahl von Transistoren erforderlich ist.

Ein wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, die dritte (bzw. eine vierte oder zusätzliche) Schaltvariable in einem
20 Transistorserienpfad derart anzuordnen bzw. derart zu verschalten, dass der Eingang mit der höchsten Wertigkeit direkt den Ausgang schaltet.

Mit der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle bzw. mit der
25 darauf basierenden Logik-Grundzellen-Anordnung ist es ermöglicht, Logikfunktionen hoher Komplexität zwecks besserer Verarbeitbarkeit auf Logikfunktionen geringerer Komplexität zurückzuführen, und dies mit einer schaltungstechnisch äußerst vorteilhaften Anordnung von Transistoren zu
30 realisieren, die nur eine geringe Fläche auf einem Chip erfordern und eine schnelle Verarbeitung der zu verknüpfenden Signale sicherstellen.

Anders ausgedrückt kann erfindungsgemäß durch eine Verschaltung von Logik-Grundzellen miteinander eine beliebige, komplizierte Logikgesamtfunktion, die abhängig von einer Vielzahl von Eingangssignalen ist, auf mehrere
 5 einfachere Logikteilfunktionen von einer geringeren Anzahl von Eingangssignalen zurückgeführt werden. Die erfindungsgemäße Lösung basiert auf der booleschen Logik und realisiert diese in einer vorteilhaften, vorzugsweise halbleitertechnologischen Schaltungsarchitektur.

10

Die Auswahl einer Logikteilfunktion (zum Beispiel UND-Verknüpfung, ODER-Verknüpfung, Exklusiv-ODER-Verknüpfung, Nicht-UND-Verknüpfung, Nicht-ODER-Verknüpfung, Nicht-Exklusiv-ODER-Verknüpfung, etc.) eines Logikfunktionsblocks

15

kann beispielsweise mittels Konfigurierens von Logikfunktionskonfigurationseingängen des jeweiligen Logikfunktionsblocks erfolgen. In der schaltungstechnischen Realisierung kann ein Logikfunktionsblock miteinander verschaltete Transistoren aufweisen, wobei mittels Anlegens

20

von Logikfunktionssignalen an Logikfunktionskonfigurationseingänge der Logikfunktionsblöcke bestimmte Pfade innerhalb des Transistornetzwerks durchgeschaltet werden können, so dass Eingangssignale gemäß diesen ausgewählten Pfaden gemäß einer vorgebbaren
 25 Logikfunktion verarbeitbar sind.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

30

Bei der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle kann der erste Logikfunktionsblock und der zweite Logikfunktionsblock jeweils mindestens einen zusätzlichen Datensignaleingang aufweisen, wobei an jedem der zusätzlichen

Datensignaleingänge ein zusätzliches Eingangssignal anlegbar ist, womit die Logik-Grundzelle zum Bilden eines Ausgangssignals aus mindestens vier Eingangssignalen gemäß einer vorgebbaren Logikfunktion eingerichtet ist. Anders
 5 ausgedrückt sind gemäß dieser Ausgestaltung an jeden der Logikfunktionsblöcke mehr als zwei Eingangssignale angelegt, so dass der entsprechende Logikfunktionsblock eine Logikteilfunktion von mindestens drei Eingangssignalen realisiert. Somit ist die erfindungsgemäße Logik-Grundzelle
 10 nicht auf die Verknüpfung von insgesamt drei Datensignalen miteinander beschränkt, sondern kann gemäß Gleichung (2) mit einer beliebigen Anzahl von Daten- oder Eingangssignalen betrieben werden. Dies ermöglicht auch sehr komplexe Verknüpfungen von vielen Datensignalen.

15

Der erste Logikfunktionsblock und der zweite Logikfunktionsblock können jeweils aus einer Mehrzahl von miteinander gemäß der jeweiligen Logik-Teilfunktion verschalteten Datensignal-Transistoren gebildet sein. Somit
 20 kann die Logik-Grundzelle vollständig aus Transistoren (vorzugsweise Feldeffekttransistoren) aufgebaut werden und daher mit den ausgereiften Methoden der Silizium-Mikroelektronik gefertigt werden.

25

Die Logik-Transistoren und die Datensignal-Transistoren können Transistoren eines ersten Leitungstyps sein, und die Transistoren des ersten Leitungstyps können einen ersten Datensignalfad bilden. Ferner kann ein zweiter Datensignalfad aus Transistoren eines zweiten Leitungstyps,
 30 der zu dem ersten Leitungstyp komplementär ist, gebildet werden, wobei zu jedem der Transistoren des ersten Datensignalfads ein entsprechend verschalteter Transistor in dem zweiten Datensignalfad bereitgestellt ist. Die zweiten

Source-/Drain Anschlüsse der Logik-Transistoren des ersten
Datensignalpfads und die zweiten Source-/Drain Anschlüsse der
Logik-Transistoren des zweiten Datensignalpfads können in der
erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle miteinander gekoppelt
5 sein.

Die Transistoren des ersten Leitungstyps können zum Beispiel
Transistoren des n-Leitungstyps sein, wohingegen die
Transistoren des zweiten Leitungstyps Transistoren des p-
10 Leitungstyps sein können, oder vice versa. Somit kann die
erfindungsgemäße Logik-Grundzelle beispielsweise unter
Verwendung einer CMOS-Architektur gebildet sein.

Die erfindungsgemäße Logik-Grundzelle kann mit einem
15 Evaluierungs-Schalter versehen sein, an dem das
Ausgangssignal anlegbar ist, und mit einem Vorlade-Schalter,
welche Schalter derart verschaltet und steuerbar sind, dass
an einem Ausgang der Logik-Grundzelle bei geöffnetem (das
heißt Signaltransfer erlaubenden) Evaluierungs-Schalter und
20 geschlossenem (das heißt Signaltransfer nicht erlaubenden)
Vorlade-Schalter das Ausgangssignal bereitgestellt ist.
Ferner kann an dem Ausgang der Logik-Grundzelle bei
geöffnetem (das heißt Signaltransfer erlaubenden) Vorlade-
Schalter und geschlossenem (das heißt Signaltransfer nicht
25 erlaubenden) Evaluierungs-Schalter ein Referenzsignal
bereitgestellt ist. Der Evaluierungs-Schalter und der
Vorlade-Schalter können jeweils Transistoren sein,
insbesondere Feldeffekttransistoren oder Bipolartransistoren.

30 Gemäß dieser Ausgestaltung kann mittels des Vorlade- oder
Precharge-Schalters der Ausgang auf das Referenzpotential
vorgeladen werden (Precharge-Phase), zum Beispiel während der
ersten Hälfte einer Schaltperiode der Logik-Grundzelle.

Mittels des Evaluierungs-Schalters kann an dem Ausgang das gemäß der vorgegebenen Logikfunktion verarbeitete Ausgangssignal bereitgestellt werden, zum Beispiel während der zweiten Hälfte der Schaltperiode der Logik-Grundzelle (Evaluate-Phase).

Die erfindungsgemäße Logik-Grundzelle kann als CMOS Logik-Grundzelle eingerichtet sein.

10 Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kann zumindest einer der Logikfunktionsblöcke in der Struktur eines Programmable Logic Device (PLD), eines Field-Programmable Gate Array (FPGA), eines maskenprogrammierten Application-Specific Integrated Circuit (ASIC), eines Logikgatters oder einer
15 Anordnung mehrerer Logikgatter oder einer Look-Up-Tabelle gebildet sein. Erfindungsgemäß kann im Prinzip jede beliebige Ausgestaltung für die Logikfunktionsblöcke gewählt werden. Im Falle der Ausgestaltung eines Logikfunktionsblocks als Look-Up-Tabelle kann beispielsweise die aus [3] bekannte
20 Architektur in der Logik-Grundzelle der Erfindung implementiert werden. Im Falle der Realisierung eines Logikfunktionsblocks als maskenprogrammierter Application-Specific Integrated Circuit bzw. als "structured ASIC" kann eine gewünschte Logikteillfunktion eines Logikfunktionsblocks
25 mittels Festverdrahtens von Transistoren innerhalb des Logikfunktionsblocks realisiert werden. Mit anderen Worten kann unter Verwendung von Vias oder anderen fest implementierten Kopplungselementen ein bestimmter Signalpfad bzw. mehrere Signalpfade innerhalb der Transistor-Anordnung
30 eines solchen "structured ASICs" erlaubt werden, wodurch dem Logikfunktionsblock dauerhaft eine feste Logikfunktion zugeordnet ist.

An mindestens einem Logikkonfigurationseingang von zumindest einem der Logikfunktionsblöcke kann die realisierbare Logikteilfunktion unveränderlich vorgegeben werden. Gemäß dieser Ausgestaltung erfüllt der Logikfunktionsblock stets

5 die ihm fest und unveränderlich zugewiesene Logikteilfunktion, da diese mittels Anlegens vorgegebener Signale (oder Betriebsspannungen) an den Logikkonfigurationseingängen fest eingestellt ist. Die vorgegebene Logikteilfunktion kann auch festverdrahtet

10 mittels Kurzschließens oder entsprechenden hardwaremäßigen Koppeln der Transistoren des Logikfunktionsblocks realisiert werden. Dann können an die in festgelegter Weise miteinander verschalteten Transistoren über einen oder mehrere Anschlüsse des Logikfunktionsblocks vorgegebene elektrische Potentiale

15 (zum Beispiel Betriebsspannung, Massepotential) angelegt werden. Bei fest vorgegebener Logikteilfunktion eines Logikfunktionsblocks kann eine mit dem mindestens einen Logikkonfigurationseingang gekoppelte Speichereinrichtung vorgesehen sein, in welcher die Information zum Vorgeben der

20 realisierbaren Logikteilfunktion speicherbar ist. Somit ist in einer solchen Speichereinrichtung ein Datenwort speicherbar, in welchem die Logikteilfunktion des Logikfunktionsblocks kodiert ist, zum Beispiel als binäres Datenwort.

Alternativ zu der beschriebenen Ausgestaltung kann an mindestens einem Logikfunktionskonfigurationseingang eines jeweiligen Logikfunktionsblocks die realisierbare Logikteilfunktion mittels eines anlegbaren Signals variabel

30 vorgegeben sein. Bei dieser Ausgestaltung des Logikfunktionsblocks kann dieser jede beliebige Logikfunktion durchführen, welche der Logik-Grundzelle mittels eines (zum Beispiel zeitlich) veränderlichen elektrischen Potentials an

Steuereingängen von Transistoren innerhalb des Logikfunktionsblocks vorgegeben ist. In diesem Szenario kann der Logikfunktionsblock als variable Logikkomponente der übergeordneten Logik-Grundzelle bzw. der dieser übergeordneten Logik-Grundzellen-Anordnung verschaltet werden, was eine flexible Schaltungsarchitektur ermöglicht.

Die erfindungsgemäße Logik-Grundzelle ist vorzugsweise zum Verarbeiten von digitalen Datensignalen eingerichtet, welche einen logischen Wert "1" oder "0" aufweisen.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle weist zumindest einer der Logikfunktionsblöcke ferner einen ersten Komplementär-Datensignaleingang auf, an den das zu dem ersten Eingangssignal logisch komplementäre Signal anlegbar ist, und weist einen zweiten Komplementär-Datensignaleingang auf, an den das zu dem zweiten Eingangssignal logisch komplementäre Signal anlegbar ist. Ein erstes Logikauswahl-Element ist zwischen dem ersten Datensignaleingang und dem zweiten Datensignaleingang gebildet. Ein zweites Logikauswahl-Element ist zwischen dem ersten Datensignaleingang und dem zweiten Komplementär-Datensignaleingang gebildet. Ein drittes Logikauswahl-Element ist zwischen dem zweiten Datensignaleingang und dem ersten Komplementär-Datensignaleingang gebildet. Ein viertes Logikauswahl-Element ist zwischen dem ersten Komplementär-Datensignaleingang und dem zweiten Komplementär-Datensignaleingang gebildet. An dem Datenausgang ist die Logik-Verknüpfung der zwei Datensignale gemäß der mittels der Logikauswahl-Elemente ausgewählten Logikfunktion bereitstellbar.

Gemäß dieser Ausgestaltung ist zumindest einer der Logikfunktionsblöcke der Logik-Grundzelle in einer solchen schaltungstechnischen Realisierung bereitgestellt, dass bei einer sehr geringen Anzahl von erforderlichen Komponenten (zum Beispiel Transistoren) eine komplette Abbildung des kombinatorischen Funktionsraums über n Eingängen erreicht ist. Mit anderen Worten ist es mit dieser Ausgestaltung der Logikfunktionsblöcke ermöglicht, jede mögliche Logikverknüpfung von zwei Datensignalen in einer optimierten Verschaltung von Logikauswahl-Elementen und Datensignaleingängen zu realisieren. In Kombination mit den Logik-Transistoren der Logik-Grundzelle kann somit eine schaltungstechnisch äußerst effiziente Verknüpfung von drei Datensignalen ermöglicht werden. Anschaulich sind die Logikauswahl-Elemente des Logikfunktionsblocks derart konfiguriert, dass sie die von der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle realisierte Logikfunktion determinieren. Dies kann zum Beispiel durch eine hartverdrahtete Realisierung der Logikauswahl-Elemente erreicht werden, so dass in diesem Fall die Logikfunktion mittels der durch die Logikauswahl-Elemente vorgegebenen unveränderlichen Verdrahtung der Datensignaleingänge bestimmt ist. Alternativ können die Logikauswahl-Elemente zum Beispiel als Logikauswahl-Transistoren vorgesehen sein, wobei mittels Anlegens von Logikauswahlsignalen an deren Gate-Anschlüsse die zu realisierende Logikfunktion vorgegeben wird.

Diese Architektur eines Logikfunktionsblocks stellt eine sehr einfache Anordnung dar, bei der es mit schaltungstechnisch sehr geringem Aufwand ermöglicht ist, jede mögliche Logikfunktion von zwei Eingängen zu realisieren. Die besonders kompakte Realisierung der Logikfunktionsblöcke gemäß der beschriebenen Ausgestaltung spart Chipfläche und

ermöglicht somit eine miniaturisierte Realisierung der Logik-Grundzelle.

Die Logikauswahl-Elemente können unveränderliche
5 Hardwareelemente sein. Gemäß dieser Realisierung wird die gewünschte Logikfunktion einmal fest vorgegeben, und zwar mittels Verdrahtens der vier Datensignaleingänge in einer vorgegebenen Weise. Die vorgegebene Kopplung zwischen den einzelnen Datensignalen, die an den Datensignaleingängen
10 bereitgestellt werden, wird durch die Verschaltung der Logikauswahl-Elemente vorgegeben und führt somit zu einer eindeutigen Logikfunktion.

Gemäß der beschriebenen Konfiguration können die
15 Logikauswahl-Elemente mittels einer Mehrzahl von Metallisierungsebenen und/oder Vias realisiert werden.

Bei dem Logikfunktionsblock, gemäß der beschriebenen Ausgestaltung der Erfindung kann das erste Logikauswahl-
20 Element ein erster Logik-Transistor sein, der mittels eines ersten Logikauswahlsignals steuerbar ist. Das zweite Logikauswahl-Element kann ein Logik-Transistor sein, der mittels eines zweiten Logikauswahlsignals steuerbar ist. Das dritte Logikauswahl-Element kann ein dritter Logik-Transistor
25 sein, der mittels eines dritten Logikauswahlsignals steuerbar ist. Das vierte Logikauswahl-Element kann ein vierter Logik-Transistor sein, der mittels eines vierten Logikauswahl-Elements steuerbar ist. Gemäß dieser Ausgestaltung werden vier Logikauswahlsignale an die Logik-Transistoren,
30 vorzugsweise an deren Gate-Anschlüsse, angelegt, wodurch eine ganz bestimmte Kopplung der Datensignale an den Datensignaleingängen realisiert wird. Gemäß dieser speziellen

Kopplung, die variabel vorgebar ist, wird die realisierte Logikfunktion vorgegeben.

5 Ferner kann der Logikfunktionsblock gemäß der beschriebenen Ausgestaltung vier Datensignal-Transistoren aufweisen, an deren Gate-Anschlüssen jeweils eines der Datensignale oder der logisch komplementären Datensignale bereitstellbar ist. Bei dieser Ausgestaltung werden die vier Datensignale, das heißt das erste Datensignal und das dazu logisch
10 komplementäre Datensignal, sowie das zweite Datensignal und das dazu logisch komplementäre Datensignal über Gate-Anschlüsse von vier Datensignal-Transistoren in den Logikfunktionsblock eingekoppelt.

15 Gemäß der beschriebenen Ausgestaltung kann ein erster Datensignal-Transistor derart verschaltet sein, dass ein erster Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des ersten Logik-Transistors und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des zweiten Logik-Transistors
20 gekoppelt ist. Ferner kann der zweite Source-/Drain-Anschluss des zweiten Datensignal-Transistors mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss eines dritten Datensignal-Transistors gekoppelt sein.

25 Der dritte Datensignal-Transistor kann derart verschaltet sein, dass dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des vierten Logik-Transistors und mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des zweiten Logik-Transistors gekoppelt ist.

30

Ein zweiter Datensignal-Transistor kann derart verschaltet sein, dass dessen erster Source-/Drain-Anschluss mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des ersten Logik-Transistors

und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten Logik-Transistors gekoppelt ist. Ein zweiter Source-/Drain-Anschluss des ersten Datensignal-Transistors kann mit einem ersten Source-/Drain Anschluss eines vierten Datensignal-Transistors gekoppelt sein. Der vierte Datensignal-Transistor kann derart verschaltet sein, dass dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten Logik-Transistors und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des vierten Logik-Transistors gekoppelt ist.

10

Die beschriebene Verschaltung der vier Datensignal-Transistoren mit den vier Logik-Transistoren stellt eine bevorzugte schaltungstechnische Realisierung eines Logikfunktionsblocks einer Logik-Grundzelle zum Realisieren einer möglichen Logikfunktion zum Verknüpfen der Datensignale bereit, und dies mit schaltungstechnisch sehr geringem Aufwand.

15

20

Wenngleich Ausgestaltungen der Logik-Grundzelle beschrieben worden sind, so sollen diese Ausgestaltungen auch für die erfindungsgemäße Logik-Grundzellen-Anordnung und die erfindungsgemäße Logik-Vorrichtung gelten.

25

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im Weiteren näher erläutert.

Es zeigen:

30

Figur 1 eine Logik-Grundzelle gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figur 2 eine Tabelle, in der die Korrelation zwischen Werten von vier Logikauswahlsignalen und einer von der

Logik-Grundzelle gemäß Figur 1 realisierten Logikfunktion dargestellt sind,

Figur 3 einen Logikfunktionsblock einer Logik-Grundzelle gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figur 4 eine Logik-Grundzellen-Anordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figur 5 eine Logik-Grundzellen-Anordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figuren 6A und 6B einen p-MOS-Teilpfad und einen n-MOS-Teilpfad eines Logikfunktionsblocks einer Logik-Grundzelle gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

Die Darstellung in den Figuren ist schematisch und nicht maßstäblich.

Im Weiteren wird bezugnehmend auf **Fig.1** eine Logik-Grundzelle 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Die Logik-Grundzelle 100 weist einen ersten Datensignalpfad 101 aus n-MOS-Transistoren und einen zweiten Datensignalpfad 102 aus p-MOS-Transistoren auf. Der erste Datensignalpfad 101 enthält einen ersten Logikfunktionsblock 160 und einen zweiten Logikfunktionsblock 170. Der zweite Datensignalpfad 102 enthält einen ersten Logikfunktionsblock 140 und einen zweiten Logikfunktionsblock 150.

Im Weiteren wird die Struktur des ersten Logikfunktionsblocks 160 des ersten Datensignalfads 101 näher beschrieben.

Der erste Logikfunktionsblock 160 des ersten Datensignalfads 101 weist einen ersten Datensignaleingang 103 auf, an dem ein zu einem ersten Datensignal a_0 komplementäres erstes komplementäres Datensignal $\overline{a_0}$ bereitgestellt ist. Ferner ist an einem zweiten Datensignaleingang 104 ein zu einem zweiten Datensignal a_1 komplementäres zweites komplementäres Datensignal $\overline{a_1}$ bereitgestellt. An einem dritten Datensignaleingang 105 ist das erste Datensignal a_0 bereitgestellt. Darüber hinaus ist an einem vierten Datensignaleingang 106 das zweite Datensignal a_1 bereitgestellt.

An einem Datensignalausgang 107b des ersten Logikfunktionsblocks 160 des ersten Datensignalfads 101 ist ein Ausgangssignal des ersten Logikfunktionsblocks 160, das heißt eine Logikverknüpfung des ersten Eingangssignals a_0 , $\overline{a_0}$ und des zweiten Eingangssignals a_1 , $\overline{a_1}$ gemäß einer vorgebbaren Logikteilstfunktion bereitgestellt.

Als ein erstes Logikauswahl-Element ist ein erster n-MOS-Logikauswahl-Transistor 108 zwischen dem ersten Datensignaleingang 103 und dem zweiten Datensignaleingang 104 bereitgestellt. Der erste n-MOS-Logikauswahl-Transistor 108 ist mittels eines ersten Logikauswahlsignals s_0 steuerbar. Ferner ist ein zweiter n-MOS-Logikauswahl-Transistor 109 als ein zweites Logikauswahl-Element zwischen dem ersten Datensignaleingang 103 und dem vierten Datensignaleingang 106 bereitgestellt. Der zweite n-MOS-Logikauswahl-Transistor 109 ist mittels eines zweiten Logikauswahlsignals s_1 steuerbar.

Darüber hinaus ist als drittes Logikauswahl-Element ein dritter n-MOS-Logikauswahl-Transistor 110 zwischen dem zweiten Datensignaleingang 104 und dem dritten Datensignaleingang 105 bereitgestellt, welcher dritte n-MOS-Logikauswahl-Transistor 110 mittels eines dritten Logikauswahlsignals s_2 steuerbar ist. Als ein viertes Logikauswahl-Element ist ein vierter n-MOS-Logikauswahl-Transistor 111 zwischen dem dritten Datensignaleingang 105 und dem vierten Datensignaleingang 106 verschaltet, welcher vierte n-MOS-Logikauswahl-Transistor 111 mittels eines vierten Logikauswahlsignals s_3 steuerbar ist.

Der erste Datensignaleingang 103 ist mit dem Gate-Bereich eines ersten n-MOS-Datensignal-Transistors 112 gekoppelt. Der zweite Datensignaleingang 104 ist mit dem Gate-Bereich eines zweiten n-MOS-Datensignal-Transistors 113 gekoppelt. Der dritte Datensignaleingang 105 ist mit dem Gate-Bereich eines dritten n-MOS-Datensignal-Transistors 114 gekoppelt. Der vierte Datensignaleingang 106 ist mit dem Gate-Bereich eines vierten n-MOS-Datensignal-Transistors 115 gekoppelt.

Der erste n-MOS-Datensignal-Transistor 112 ist derart verschaltet, dass dessen erster Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des ersten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 108 und mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des zweiten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 109 gekoppelt ist. Ein zweiter Source-/Drain Anschluss des n-MOS-Datensignal-Transistors 112 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des dritten n-MOS-Datensignal-Transistors 114 gekoppelt und auf das elektrische Versorgungspotential 126 gebracht. Der dritte n-MOS-Datensignal-Transistor 114 ist derart verschaltet, dass dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des

vierten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 111 und mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des dritten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 110 gekoppelt ist. Der zweite n-MOS-Datensignal-Transistor 113 ist derart verschaltet, dass dessen erster Source-/Drain-Anschluss mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des ersten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 108 und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 110 gekoppelt ist. Ein zweiter Source-/Drain-Anschluss des zweiten n-MOS-Datensignal-Transistors 113 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des vierten n-MOS-Datensignal-Transistors 115 gekoppelt. Der vierte n-MOS-Datensignal-Transistor 115 ist derart verschaltet, dass dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des zweiten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 109 und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des vierten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 111 gekoppelt ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des zweiten n-MOS-Datensignal-Transistors 113 und der erste Source-/Drain-Anschluss des vierten n-MOS-Datensignal-Transistors 115 sind mit dem Datensignalausgang 107b gekoppelt.

Mittels eines ersten Inverters 124 kann aus dem zweiten Datensignal a_1 das dazu komplementäre Datensignal $\overline{a_1}$ generiert werden. Mittels eines zweiten Inverters 125 kann aus dem ersten Datensignal a_0 das dazu komplementäre Datensignal $\overline{a_0}$ generiert werden. Mittels eines dritten Inverters 128 kann aus dem dritten Datensignal a_2 das dazu komplementäre Datensignal $\overline{a_2}$ generiert werden.

30

Der zweite Logikfunktionsblock 170 des ersten Datensignalfads 101 ist gemäß dem beschriebenen

Ausführungsbeispiel völlig identisch aufgebaut wie der erste Logikfunktionsblock 160 des ersten Datensignalfads 101.

Allerdings kann die Logikteilfunktion, die mittels des zweiten Logikfunktionsblocks 170 realisiert wird, sich von

5 der Logikteilfunktion unterscheiden, welche mittels des ersten Logikfunktionsblocks 160 realisiert wird. Dies ist in Fig.1 dadurch gekennzeichnet, dass Logikauswahlsignale s_4 bis s_7 des zweiten Logikfunktionsblocks 170 des ersten Datensignalfads 101 von den Logikfunktionssignalen s_0 bis s_3 des ersten Logikfunktionsblocks 160 unterschiedlich
10 bezeichnet sind. Somit kann in jedem der Logikfunktionsblöcke 160, 170 voneinander unabhängig eine beliebige logische Verknüpfung der Eingangssignale a_0 , a_1 , $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$ realisiert werden.

15

Ferner ist ein erster n-MOS-Logik-Transistor 129 bereitgestellt, mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem Datensignalausgang 107b des ersten

20

Logikfunktionsblocks 160 gekoppelt ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein zu einem dritten Datensignal a_2 komplementäres drittes komplementäres Eingangssignal $\overline{a_2}$ bereitgestellt ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der Logik-Grundzelle 100 aus den drei Eingangssignalen a_0 , a_1 , a_2 sowie deren logisch

25

komplementären Signalen $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$, $\overline{a_2}$ gemäß einer vorgegebenen Logikfunktion bereitgestellt ist. Ferner ist ein zweiter n-MOS-Logik-Transistor 130 in der Logik-Grundzelle 100

bereitgestellt, mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem ersten Datensignalausgang 107b des zweiten

30

Logikfunktionsblocks 170 gekoppelt ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem das dritte Datensignal a_2 bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, der mit

dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des ersten n-MOS-Logik-Transistors 129 gekoppelt ist.

Im Weiteren wird der Aufbau des zweiten Datensignalpfads 102 beschrieben.

Dieser ist in antisymmetrischer Weise zu dem ersten Datensignalpfad 101 verschaltet, so dass in dem zweiten Datensignalpfad 102 ebenfalls ein erster Logikfunktionsblock 140 und ein zweiter Logikfunktionsblock 150 bereitgestellt sind. Anstelle eines ersten n-MOS-Logikauswahl-Transistors 108 ist in dem zweiten Datensignalpfad 102 ein erster p-MOS-Logikauswahl-Transistor 116 bereitgestellt. Der zweite n-MOS-Logikauswahl-Transistor 109 ist durch einen zweiten p-MOS-Logikauswahl-Transistor 117 ersetzt. Der dritte n-MOS-Logikauswahl-Transistor 110 ist durch einen dritten p-MOS-Logikauswahl-Transistor 118 ersetzt. Der vierte n-MOS-Logikauswahl-Transistor 111 ist durch einen vierten p-MOS-Logikauswahl-Transistor 119 ersetzt. Der erste n-MOS-Datensignal-Transistor 112 ist durch einen ersten p-MOS-Datensignal-Transistor 120 ersetzt. Der zweite n-MOS-Datensignal-Transistor 113 ist durch einen zweiten p-MOS-Datensignal-Transistor 121 ersetzt. Der dritte n-MOS-Datensignal-Transistor 114 ist durch einen dritten p-MOS-Datensignal-Transistor 122 ersetzt. Der vierte n-MOS-Datensignal-Transistor 114 ist durch einen vierten p-MOS-Datensignal-Transistor 123 ersetzt. Das Signal an den Gate-Anschlüssen der Datensignal-Transistoren 120 bis 123 ist das jeweils invertierte Signal verglichen mit den Signalen an den Gate-Anschlüssen der Datensignal-Transistoren 112 bis 115 des n-MOS-Datensignalpfades 101. So liegt am Gate des ersten p-MOS-Datensignal-Transistors 120 a_0 an, wohingegen am Gate des ersten n-MOS-Datensignal-Transistors 112 \bar{a}_0 anliegt. Am Gate

des zweiten p-MOS-Datensignal-Transistors 121 liegt a_1 an, wohingegen am Gate des zweiten n-MOS-Datensignal-Transistors 113 \bar{a}_1 anliegt. Am Gate des dritten p-MOS-Datensignal-Transistors 122 liegt \bar{a}_0 an, wohingegen am Gate des dritten p-MOS-Datensignal-Transistors 114 a_0 anliegt, und am Gate des vierten p-MOS-Datensignal-Transistors 123 liegt \bar{a}_1 an, wohingegen am Gate des vierten n-MOS-Datensignal-Transistors 115 a_1 anliegt.

- 10 Unter Asymmetrie der beiden Datensignalfade 101, 102 ist zu verstehen, dass deren Anordnung zueinander zwar im Wesentlichen spiegelsymmetrisch ist, wobei die Leitungstypen der einander entsprechenden Transistoren jedoch zueinander komplementär sind, und wobei die Datensignale an den
- 15 Eingängen von einander entsprechenden Datensignal-Transistoren ebenfalls zueinander komplementär sind. Die Logikauswahlsignale an den Eingängen von einander entsprechenden Logikauswahl-Transistoren sind in den beiden Datensignalfaden 101, 102 allerdings identisch.

20

Die miteinander gekoppelten Source-/Drain-Anschlüsse des ersten p-MOS-Datensignal-Transistors 120 und des dritten p-MOS-Datensignal-Transistors 122 sind auf das Versorgungspotential 127 gebracht. Ferner sind die

- 25 miteinander gekoppelten Source-/Drain-Anschlüsse des zweiten p-MOS-Datensignal-Transistors 121 und des vierten p-MOS-Datensignal-Transistors 123 mit einem Datensignalausgang 107a gekoppelt. An dem Datensignalausgang 107a des ersten Logikfunktionsblocks 140 ist ein Ausgangssignal
- 30 bereitgestellt, welches einer Verarbeitung der Eingangssignale a_0 , a_1 innerhalb des Logikfunktionsblocks 140 gemäß der darin vorgegebenen Logikteilfunktion entspricht. Ein erster p-MOS-Logik-Transistor 131 weist einen ersten

Source-/Drain-Anschluss auf, der mit dem Datensignalausgang 107a des ersten Logikfunktionsblocks 140 gekoppelt ist, einen Gate-Anschluss, an den das dritte Eingangssignal a_2 angelegt ist, und einen zweiten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der Logik-Grundzelle 100 bereitstellbar ist. Ferner ist ein zweiter p-MOS-Logik-Transistor 132 vorgesehen, mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem Datensignalausgang 107a des zweiten Logikfunktionsblocks 150 des zweiten Datensignalfads 102 gekoppelt ist, mit einem Gate-Anschluss, an den das zu dem dritten Eingangssignal a_2 komplementäre Signal $\overline{a_2}$ bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des ersten p-MOS-Logik-Transistors 131 gekoppelt ist.

An den zweiten Source-/Drain-Anschlüssen der Logikauswahl-Transistoren 128 bis 132 ist somit ein Ausgangssignal y entsprechend der Verknüpfung der drei Eingangssignale a_0 , a_1 , a_2 sowie deren logisch komplementären Signale $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$, $\overline{a_2}$ gemäß einer vorgebbaren Logikfunktion bereitgestellt.

Die Logik-Grundzelle 100 stellt eine Realisierung einer optimierten Logik-Grundzelle von drei Eingängen a_0 , a_1 , a_2 in statischer Standard-CMOS-Schaltungstechnik dar. Mittels Vorgebens der ersten bis vierten Logikauswahlsignale s_0 bis s_3 wird in den ersten Logikfunktionsblöcken 140, 160 der ersten bzw. zweiten Datensignalfade 101, 102 anschaulich vorgegeben, welche Logikteilmfunktion von den Logikfunktionsblöcken 140, 160 realisiert werden soll.

Mittels Vorgebens der ersten bis vierten Logikauswahlsignale s_0 bis s_3 wird somit festgelegt, ob die Kanal-Bereiche der Logikauswahl-Transistoren 108 bis 111 bzw. 116 bis 119

leitend sind oder nicht leitend sind. Dadurch werden bestimmte Signalpfade innerhalb der Logikfunktionsblöcke 140, 160 erlaubt, andere ausgeschlossen. Dies führt zu einer definierten Verknüpfung der Eingangssignale a_0 , a_1 , $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$ gemäß einer Logikteilmfunktion, die mittels Vorgebens der Logikauswahlsignale s_0 bis s_3 definiert wird.

In ähnlicher Weise werden mittels Vorgebens der fünften bis achten Logikauswahlsignale s_4 bis s_7 in den zweiten Logikfunktionsblöcken 150, 170 entsprechende leitende Transistor-Pfade vorgegeben, so dass auch in diesen eine vorgebbare Logikteilmfunktion der zwei Eingangsvariablen a_0 , a_1 realisiert werden kann.

Die Verknüpfung der Ausgangssignale der Logikfunktionsblöcke 140, 150, 160, 170 mit dem dritten Datensignal a_2 bzw. dessen logisch komplementären Wert $\overline{a_2}$ erfolgt unter Verwendung der Logik-Transistoren 129 bis 132, so dass anschaulich mittels der Schaltung aus Fig.1 Gleichung (1) schaltungstechnisch realisiert ist. Dies führt zu einem Ausgangssignal y , das an einem globalen Datensignalausgang bereitstellbar ist.

Mit der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle 100 ist somit eine Realisierung von Funktionen mit drei Eingängen mit einer sehr geringen Anzahl erforderlicher Transistoren ermöglicht, wobei ein expliziter Multiplexer entbehrlich ist. Das Prinzip, dass diese geringe Anzahl von Transistoren ermöglicht, besteht darin, die dritte (bzw. im verallgemeinerten Fall jede weitere Schaltvariable) im Transistor-Serienpfad derart anzuordnen, dass der Eingang mit der höchsten Wertigkeit direkt den Ausgang schaltet.

Anschaulich gliedert sich die Schaltung der Logik-Grundzelle
 100 in ein erstes und zweites p-Kanal-Transistornetzwerk 140,
 150 und in ein erstes und ein zweites n-Kanal-
 Transistornetzwerk 160, 170. Das erste p-Kanal-
 5 Transistornetzwerk 140 und das erste n-Kanal-
 Transistornetzwerk 160 bilden zusammen eine Schaltung, die
 jede beliebige Funktion zweier Eingänge entsprechend den
 Schalterbelegungen von s_0 bis s_3 realisiert. Nimmt a_2 einen
 logischen Wert "0" ein, bildet diese Funktion einen Ausgang
 10 der Funktion von drei Eingängen. Das zweite p-Kanal-
 Transistornetzwerk 150 und das zweite n-Kanal-
 Transistornetzwerk 170 bilden zusammen eine Schaltung, die
 jede beliebige Funktion zweier Eingänge entsprechend der
 Schalterbelegungen s_4 bis s_7 realisiert. Nimmt a_2 einen
 15 logischen Wert "1" ein, bildet diese Funktion den Ausgang der
 Funktion von drei Eingängen. Damit ist wiederum die Shannon-
 Zerlegung der Funktion von drei Eingängen gemäß Gleichung (1)
 realisiert. Es wurde eine Multiplexer-Funktionalität
 erfüllende funktionelle Einheit in Form einer $c_{(n-1)}MOS$
 20 Struktur realisiert, wobei n die Anzahl der Eingänge ist.

Die in Fig.2 gezeigte Tabelle 200 gibt für das Beispiel des
 ersten Logikfunktionsblocks 140 des zweiten Datensignalfads
 102 bzw. für den ersten Logikfunktionsblock 160 des ersten
 25 Datensignalfads 101 an, welche Logikteillfunktion y_T für die
 unterschiedlichen Permutationen der Logikauswahlsignale s_0
 bis s_3 vorgegeben wird. Zum Beispiel werden die Datensignale
 a_0 und a_1 gemäß einer ODER-Logikteillfunktion verknüpft, wenn
 das erste Logikauswahlsignal s_0 einen logischen Wert "1"
 30 aufweist, und die zweiten bis vierten Logikauswahlsignale s_1
 bis s_3 jeweils einen logischen Wert "0" aufweisen.

Tabelle 200 zeigt die Belegung der Schaltvariablen s_0 bis s_3 an, mit Hilfe derer alle möglichen 16 Logikfunktionen zum Verknüpfen von zwei Datensignalen a_0 und a_1 eingestellt werden können. Höherwertige komplexere Funktionen werden

5 unter Verwendung von Gleichung (2) aufgebaut, indem mehrere Logikfunktionsblöcke 140, 150, 160, 170 miteinander in der in Fig.1 gezeigten Weise verschaltet werden, wobei die Einflüsse des dritten Datensignals a_2 mittels der in Fig.1 gezeigten verschalteten Logik-Transistoren 129 bis 132 realisiert wird.

10

Im Weiteren wird bezugnehmend auf Fig.3 ein Logikfunktionsblock 300 gemäß einem Ausführungsbeispiel beschrieben, der anstelle der Logikfunktionsblöcke 140, 150, 160, 170 in eine erfindungsgemäße Logik-Grundzelle (z.B. die 15 Logik-Grundzelle 100 aus Fig.1) implementiert werden kann und ebenfalls eine beliebig wählbare Logikteilfunktion erfüllen kann.

20 Zunächst wird die der Funktionalität des Logikfunktionsblocks 300 der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle zugrundeliegende theoretische Basis basierend auf der booleschen Logik beschrieben.

25 Eine boolesche Funktion lässt sich in der kanonisch-konjunktiven Normalform als ODER-Verknüpfung der Produktterme ihrer n Eingänge ausdrücken (in Fig.3 ist beispielsweise $n=2$, da zwei Eingangssignale a_1 , a_0 bereitgestellt sind). Diesen n Eingängen sind 2^n Produktterme zugeordnet.

30 Auf Standard-CMOS-Logik angewendet werden die Produktterme für den logischen Wert "1" einer Funktion als Serienpfad von p-Kanal-Transistoren realisiert. Der Logik-Wert "0" wird entsprechend als Serienpfad aus n-Kanal-Transistoren

realisiert. Entsprechend kann jede Logik-Funktion, gemäß
welcher an n Eingängen bereitgestellte Signale miteinander
Logik-verknüpft werden, aus 2^n Produkttermen zusammengesetzt
werden, indem anschaulich Produktterme zu- oder abgeschaltet
5 werden.

Für zwei Eingänge a_0 und a_1 gilt:

$$y = k_0 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \vee k_1 \cdot \overline{a_1} \cdot a_0 \vee k_2 \cdot a_1 \cdot \overline{a_0} \vee k_3 \cdot a_1 \cdot a_0 \quad (3)$$

$$\overline{y} = k_4 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \vee k_5 \cdot \overline{a_1} \cdot a_0 \vee k_6 \cdot a_1 \cdot \overline{a_0} \vee k_7 \cdot a_1 \cdot a_0 \quad (4)$$

mit

$$k_i = \{0, 1\} \text{ mit } i=0, 1, \dots, 7 \quad (5)$$

Jede Funktion $y=f(a_0, a_1)$ wird gebildet, indem vier Werte
der Schaltkoeffizienten oder Logikfunktionsvariablen k_0 bis
 k_7 auf einen Wert logisch "1" und die restlichen auf einen
20 Wert logisch "0" gesetzt werden. Da in CMOS-Logik die p-
Kanal-Transistoren mit einem elektrischen Potential "0" am
Steuer- oder Gate-Anschluss öffnen, die n-Kanal-Transistoren
hingegen bei einem elektrischen Potential mit einem Wert "1",
lassen sich die Produktterme in Gleichungen (3), (4) zu
25 einander sich ausschließenden Paaren ordnen. In Gleichungen
(3), (4) schließen sich die jeweils ersten Produktterme
gegenseitig logisch aus, ebenso die jeweils zweiten, die
jeweils dritten und die jeweils vierten.

30 Für die Schaltkoeffizienten k_i gilt die Beziehung:

$$k_0 = \overline{k_4}, k_1 = \overline{k_5}, k_2 = \overline{k_6}, k_3 = \overline{k_7} \quad (6)$$

31
Aus Gleichungen (4), (5), (6) ergibt sich nach Zusammenfassen zu vier unabhängigen Schaltvariablen c_0, c_1, c_2, c_3 :

$$y = \overline{c_0} \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \vee \overline{c_1} \cdot \overline{a_1} \cdot a_0 \vee \overline{c_2} \cdot a_1 \cdot \overline{a_0} \vee \overline{c_3} \cdot a_1 \cdot a_0 \quad (7)$$

$$\overline{y} = c_0 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \vee c_1 \cdot \overline{a_1} \cdot a_0 \vee c_2 \cdot a_1 \cdot \overline{a_0} \vee c_3 \cdot a_1 \cdot a_0 \quad (8)$$

mit

$$c_i = \{0, 1\} \text{ mit } i=0, 1, \dots, 3 \quad (9)$$

Fig.3 zeigt eine halbleitertechnologische Realisierung der Funktion gemäß Gleichungen (7), (8) auf Basis von Transistoren als möglichen Logikfunktionsblock 140, 150, 160, 170 für eine Logik-Grundzelle 100.

Bei dem Logikfunktionsblock 300 aus Fig.3 ist an einem ersten Datensignal-Eingang 350 ein erstes Datensignal a_0 bereitgestellt. Ferner wird an einem zweiten Datensignal-Eingang 351 ein zweites Datensignal a_1 bereitgestellt. Mittels eines ersten Inverter-Schaltkreises 301 wird aus dem ersten Datensignal a_0 das dazu komplementäre Signal $\overline{a_0}$ gebildet. Der erste Datensignal-Eingang 350 ist mit dem Gate-Bereich eines ersten n-MOS-Inverter-Transistors 302 gekoppelt. Ferner ist der erste Datensignal-Eingang 350 mit dem Gate-Anschluss eines ersten p-MOS-Inverter-Transistors 303 gekoppelt. Ein erster Source-/Drain-Bereich des ersten p-MOS-Inverter-Transistors 303 ist auf das elektrische Versorgungspotential 307 gebracht. Der zweite Source-/Drain-Bereich des ersten p-MOS-Inverter-Transistors 303 ist mit einem ersten Source-/Drain-Bereich des ersten n-MOS-Inverter-

Transistors 302 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Bereich auf das elektrische Massepotential 308 gebracht ist.

5 Ferner ist ein zweiter Inverter-Schaltkreis 304 vorgesehen, mittels welchen aus dem zweiten Datensignal a_1 dessen logisch komplementäres Signal $\overline{a_1}$ gebildet wird. Der zweite Datensignal-Eingang 351 ist mit den Gate-Anschlüssen eines zweiten n-MOS-Inverter-Transistors 305 und eines zweiten p-MOS-Inverter-Transistors 306 gekoppelt, welche Transistoren
10 305, 306 den zweiten Inverter-Schaltkreis 304 bilden. Ein erster Source-/Drain-Bereich des zweiten p-MOS-Inverter-Transistors 306 ist mit dem ersten Source-/Drain-Bereich des ersten p-MOS-Inverter-Transistors 303 gekoppelt, wohingegen der zweite Source-/Drain-Anschluss des zweiten p-MOS-Inverter-Transistors 306 mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des zweiten n-MOS-Inverter-Transistors 305
15 gekoppelt ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des zweiten n-MOS-Inverter-Transistors 305 ist auf das elektrische Massepotential 308 gebracht.

20

Wie in Fig.3 gezeigt, werden die Datensignale und deren logisch komplementäre Werte einer Signalpfad-Einheit 309 bereitgestellt. An einem ersten Signalpfad-Eingang 310 ist das Signal $\overline{a_0}$ bereitgestellt. An einem zweiten Signalpfad-Eingang 311 ist das Signal $\overline{a_1}$ bereitgestellt. An einem
25 dritten Signalpfad-Eingang 312 ist das Signal a_0 bereitgestellt. An einem vierten Signalpfad-Eingang 313 ist das Signal a_1 bereitgestellt.

30 Die Signalpfad-Einheit 309 ist gebildet aus ersten bis zwölften p-MOS-Logik-Transistoren 314 bis 325 und aus ersten bis zwölften n-MOS-Logik-Transistoren 326 bis 337. Die ersten

bis zwölften p-MOS-Logik-Transistoren 314 bis 325 bilden eine erste Signalpfad-Teileinheit, wohingegen die ersten bis zwölften n-MOS-Logik-Transistoren 326 bis 337 eine zweite Signalpfad-Teileinheit bilden.

5

An einem ersten Logikfunktions-Eingang 338 ist ein erstes Logikfunktionssignal c_0 angelegt. An einem zweiten Logikfunktions-Eingang 339 ist ein zweites Logikfunktionssignal c_1 bereitgestellt. An einem dritten Logikfunktions-Eingang 340 ist ein drittes Logikfunktionssignal c_2 bereitgestellt. An einem vierten Logikfunktions-Eingang 341 ist ein viertes Logikfunktionssignal c_3 bereitgestellt.

10

Der vierte Logikfunktions-Eingang 341 ist mit dem Gate-Anschluss des neunten p-MOS-Logik-Transistors 322 und mit dem Gate-Anschluss des ersten n-MOS-Logik-Transistors 326 gekoppelt. Der dritte Logikfunktions-Eingang 340 ist mit den Gate-Anschlüssen des zehnten p-MOS-Logik-Transistors 323 und des zweiten n-MOS-Logik-Transistors 327 gekoppelt. Der zweite Logikfunktions-Eingang 339 ist mit den Gate-Anschlüssen des elften p-MOS-Logik-Transistors 324 und des dritten n-MOS-Logik-Transistors 328 gekoppelt. Der erste Logikfunktions-Eingang 338 ist mit den Gate-Anschlüssen des zwölften p-MOS-Logik-Transistors 325 und des vierten n-MOS-Logik-Transistors 329 gekoppelt.

20

25

Der erste Datensignal-Eingang 310 ist mit dem Gate-Anschluss des fünften n-MOS-Logik-Transistors 330, des sechsten p-MOS-Logik-Transistors 319, des siebten n-MOS-Logik-Transistors 332 und des vierten p-MOS-Logik-Transistors 317 gekoppelt. Der zweite Datensignal-Eingang 311 ist mit den Gate-Anschlüssen des neunten n-MOS-Logik-Transistors 334, des

30

zehnten n-MOS-Logik-Transistors 335, des dritten p-MOS-Logik-Transistors 316 und des achten p-MOS-Logik-Transistors 321 gekoppelt. Der dritte Datensignal-Eingang 312 ist mit den Gate-Anschlüssen des fünften p-MOS-Logik-Transistors 318, des
 5 sechsten n-MOS-Logik-Transistors 331, des siebten p-MOS-Logik-Transistors 320 und des achten n-MOS-Logik-Transistors 333 gekoppelt. Der vierte Datensignal-Eingang 313 ist mit den Gate-Anschlüssen des ersten p-MOS-Logik-Transistors 314, des
 10 zweiten p-MOS-Logik-Transistors 315, des elften n-MOS-Logik-Transistors 336 und des zwölften n-MOS-Logik-Transistors 337 gekoppelt.

Erste Source-/Drain-Anschlüsse der ersten bis vierten p-MOS-Logik-Transistoren 314 bis 317 sind auf das elektrische
 15 Potential der Versorgungsspannung 307 gebracht. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des ersten p-MOS-Logik-Transistors 314 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des fünften p-MOS-Logik-Transistors 318 gekoppelt, dessen zweiter
 Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-
 20 Anschluss des neunten p-MOS-Logik-Transistors 322 gekoppelt ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des zweiten p-MOS-Logik-Transistors 315 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des sechsten p-MOS-Logik-Transistors 319 gekoppelt,
 dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten
 25 Source-/Drain-Anschluss des zehnten p-MOS-Logik-Transistors 323 gekoppelt ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des dritten p-MOS-Logik-Transistors 316 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des siebten p-MOS-Logik-Transistors
 320 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit
 30 einem ersten Source-/Drain-Anschluss des elften p-MOS-Logik-Transistors 324 gekoppelt ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des vierten p-MOS-Logik-Transistors 317 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des achten p-MOS-Logik-

Transistors 321 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des zwölften p-MOS-Logik-Transistors 325 gekoppelt ist.

5. Die zweiten Source-/Drain-Anschlüsse der neunten bis zwölften p-MOS-Logik-Transistoren 322 bis 325 sind mit dem Ausgang 352 und mit ersten Source-/Drain-Anschlüssen der ersten bis vierten n-MOS-Logik-Transistoren 326 bis 329 gekoppelt. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des ersten n-MOS-Logik-Transistors 326 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des fünften n-MOS-Logik-Transistors 330 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des neunten n-MOS-Logik-Transistors 334 gekoppelt ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des zweiten n-MOS-Logik-Transistors 327 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des sechsten n-MOS-Logik-Transistors 331 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des zehnten n-MOS-Logik-Transistors 335 gekoppelt ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des dritten n-MOS-Logik-Transistors 328 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des siebten n-MOS-Logik-Transistors 332 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des elften n-MOS-Logik-Transistors 336 gekoppelt ist. Ferner ist der zweite Source-/Drain-Anschluss des vierten n-MOS-Logik-Transistors 329 mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des achten n-MOS-Logik-Transistors 333 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des zwölften n-MOS-Logik-Transistors 337 gekoppelt ist. Die zweiten Source-/Drain-Anschlüsse der neunten bis zwölften n-MOS-Logik-Transistoren 334 bis 337 sind miteinander gekoppelt und auf das elektrische Massepotential 308 gebracht.

An einem Knoten 352 ist das Ausgangssignal y_{int} bereitgestellt.

- 5 Aus dem Ausgangssignal y_{int} an dem Knoten 352 wird unter Verwendung eines dritten Inverter-Schaltkreises 342 das Logik-Inverse y_0 gebildet, das an einem Ausgang des Logikfunktionsblocks 300 bereitgestellt ist. Das Ausgangssignal y_{int} wird durch den dritten Inverter-Schaltkreis 342 geführt, gebildet aus einem dritten n-MOS-Inverter-Transistor 343 und einem dritten p-MOS-Inverter-Transistor 344. Der Ausgang des Logikfunktionsblocks ist mit den Drain-Anschlüssen der Transistoren 344, 343 gekoppelt. Ein erster Source-/Drain-Anschluss des dritten p-MOS-Inverter-Transistors 344 ist auf das elektrische Versorgungspotential 307 gebracht. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des dritten p-MOS-Inverter-Transistors 344 ist mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des dritten n-MOS-Inverter-Transistors 343 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss auf das elektrische Massepotential 308 gebracht ist. Der zweite Source-/Drain-Anschluss des dritten p-MOS-Inverter-Transistors 344 und der erste Source-/Drain-Anschluss des dritten n-MOS-Inverter-Transistors 343 sind mit dem Ausgang gekoppelt, an dem Signal y_0 anliegt. Das Signal y_0 kann in einen Logik-Transistor der erfindungsgemäßen Logik-Grundzelle eingekoppelt werden.

Im Weiteren wird die Funktionalität des Logikfunktionsblocks 300 beschrieben.

Die Signalpfad-Einheit 309 führt anschaulich die Logikoperationen mit den Eingangssignalen $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$, a_0 und a_1

durch. Die Funktionalität von Gleichung (7) wird anschaulich von den in der Fig.3 gezeigten Weise verschalteten p-MOS-Transistoren 314 bis 325 durchgeführt, wohingegen die Logikoperation gemäß Gleichung (8) anschaulich durch die n-MOS-Transistoren 326 bis 337 durchgeführt wird. Zwischen den Datensignal-Eingängen 350, 351 und den Signalpfad-Eingängen 310 bis 313 sind die beiden Inverter-Schaltkreise 301, 304 vorgesehen, um die komplementären Signale $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$ zu generieren. Zwischen Ausgang 352 und dem globalen Ausgang 107a ist der treibende Inverter-Schaltkreis 342 geschaltet. Für den Logikfunktionsblock 300 mit zwei Eingängen 350, 351 werden gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel dreißig Transistoren benötigt, nämlich die zwölf p-MOS-Logik-Transistoren 314 bis 325, die zwölf n-MOS-Logik-Transistoren 326 bis 337 und die sechs Transistoren 302, 303, 305, 306, 343, 344. Die Anzahl der Konfigurationsbits bzw. der Logikfunktionssignale ist vier (c_0, c_1, c_2, c_3).

Es ist anzumerken, dass anstelle von vier gemeinsamen Logikfunktionssignalen c_0 bis c_3 alternativ auch die zwölf p-MOS-Logik-Transistoren 314 bis 325 mit vier separaten Logikfunktionssignalen betrieben werden können und die zwölf n-MOS-Logik-Transistoren 326 bis 337 mit vier separaten, von c_0 bis c_3 unterschiedlichen Logikfunktionssignalen betrieben werden können.

Im Weiteren wird bezugnehmend auf Fig.4 eine Logik-Grundzellen-Anordnung 400 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Die Logik-Grundzellen-Anordnung 400 ist aus zwei im Wesentlichen baugleichen Teilschaltungen, nämlich einer p-MOS-Teilschaltung 410 und einer n-MOS-Teilschaltung 411

gebildet. Die p-MOS-Teilschaltung 410 ist aus p-MOS-Transistoren aufgebaut, wohingegen die n-MOS-Teilschaltung 411 aus n-MOS-Transistoren aufgebaut ist.

- 5 Die p-MOS-Teilschaltung 410 ist gebildet aus einer ersten p-MOS-Logik-Grundzelle 412 und aus einer zweiten p-MOS-Logik-Grundzelle 413. Jede der p-MOS-Logik-Grundzellen 412, 413 weist einen ersten p-MOS-Logik-Funktionsblock 140 und einen zweiten p-MOS-Logikfunktionsblock 150 auf, welche mittels des
10 ersten p-MOS-Logik-Transistors 131 und des zweiten p-MOS-Logik-Transistors 132 derart gekoppelt sind, dass an einem Knoten 403 an einem Ausgang der ersten p-MOS-Logik-Grundzelle 412 eine Logik-Verknüpfung von drei Eingangssignalen a_0 , a_1 , a_2 gebildet ist. In ähnlicher Weise ist an dem Knoten 403 am
15 Ausgang der zweiten p-MOS-Logik-Grundzelle 413, deren innerer Aufbau jener der ersten p-MOS-Logik-Grundzelle 412 entspricht, eine Logikverknüpfung der drei Datensignale a_0 , a_1 , a_2 bereitgestellt. An dem Ausgang der ersten p-MOS-Logik-Grundzelle 412 ist ein dritter p-MOS-Logik-Transistor 401a
20 angeordnet, mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der ersten p-MOS-Logik-Grundzelle 412 angelegt ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein viertes Eingangssignal a_3 bereitgestellt ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal y der
25 Logik-Grundzellen-Anordnung 400 bereitgestellt ist.

An dem Ausgang, das heißt an dem Knoten 403, der zweiten p-MOS-Logik-Grundzelle 413 ist ein vierter p-MOS-Logik-Transistor 401b angeordnet, mit einem ersten Source-/Drain-
30 Anschluss, an dem das Ausgangssignal der zweiten p-MOS-Logik-Grundzelle 413 angelegt ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein zu dem vierten Eingangssignal a_3 komplementäres Signal $\overline{a_3}$ bereitgestellt ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-

Anschluss, der mit dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten p-MOS-Logik-Transistors 401a der ersten p-MOS-Logik-Grundzelle 412 gekoppelt ist.

- 5 Der Aufbau der n-MOS-Teilschaltung 411 entspricht im Wesentlichen jener der p-MOS-Teilschaltung 410 mit dem Unterschied, dass die darin enthaltenen Komponenten n-Kanal-Transistoren sind, und nicht p-Kanal Transistoren wie in der ersten p-MOS-Logik-Grundzelle 412. Ein erster
- 10 Logikfunktionsblock 160 aus n-MOS-Transistoren und ein zweiter p-MOS-Logikfunktionsblock 170 aus p-MOS-Transistoren sind gemeinsam mit einem ersten n-MOS-Logik-Transistor 129 und einem zweiten n-MOS-Logik-Transistor 130 derart
- 15 verschaltet, dass an einem Knoten 403 am Ausgang der ersten n-MOS-Logik-Grundzelle 414 ein Ausgangssignal von drei Datensignalen a_0 , a_1 , a_2 bereitgestellt ist. In ähnlicher Weise ist an einen Knoten 403 am Ausgang der zweiten n-MOS-Logik-Grundzelle 415 ein Ausgangssignal von drei
- 20 Datensignalen a_0 , a_1 , a_2 bereitgestellt. Mittels eines dritten n-MOS-Logik-Transistors 402a am Ausgang 403 der ersten n-MOS-Logik-Grundzelle 414 und mittels eines vierten n-MOS-Logik-Transistors 402b am Ausgang 403 der zweiten n-MOS-Logik-Grundzelle 415 wird am Ausgang 404 der Logik-Grundzellen-Anordnung 400 ein globales Ausgangssignal y generiert.

25

- Der dritte n-MOS-Logik-Transistor 402a hat einen ersten Source-/Drain-Anschluss, an den das Ausgangssignal der ersten n-MOS-Logik-Grundzelle 414 angelegt ist, ferner weist der dritte n-MOS-Logik-Transistor 402a einen Gate-Anschluss auf,
- 30 an den das zu dem vierten Eingangssignal a_3 komplementäre Signal angelegt ist, und weist einen zweiten Source-/Drain-Anschluss auf, an dem das Ausgangssignal y der Logik-Grundzellen-Anordnung 400 bereitgestellt ist. Ferner hat der

zweite n-MOS-Logik-Transistor 402b einen ersten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal 403 der zweiten n-MOS-Logik-Grundzelle 415 bereitgestellt ist, einen Gate-Anschluss, an dem das vierte Eingangssignal a_3 bereitgestellt ist, und einen zweiten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten n-MOS-Logik-Transistors 402a der ersten n-MOS-Logik-Grundzelle 414 gekoppelt ist.

10 Im Weiteren wird die Funktionalität der Logik-Grundzellen-Anordnung 400 beschrieben.

An den Ausgängen der Logik-Grundzellen 412 bis 415 ist jeweils ein Signal gemäß einer von der jeweiligen Logik-Grundzelle 412 bis 415 realisierten Logikteilfunktion bereitgestellt, welches eine Verknüpfung von zwei Eingangssignalen a_0 , a_1 darstellt. An den Knoten 403, die mit den ersten Source-/Drain-Anschlüssen der Logik-Transistoren 401a, 401b, 402a, 402b gekoppelt sind, ist jeweils ein gemäß Gleichung (1) gebildetes Logik-Teilausgangssignal von drei Datensignalen a_0 , a_1 , a_2 bereitgestellt. An dem globalen Ausgang 404 der Logik-Grundzellen-Anordnung 400 ist ein Logik-Ausgangssignal y von vier Dateneingangssignalen a_0 , a_1 , a_2 , a_3 bereitgestellt, was Gleichung (2) für den Fall $n=3$ entspricht.

Somit kann erfindungsgemäß eine Funktion von mehr als drei Eingängen (Fig.4 zeigt eine Funktion von vier Eingängen) mit einer Struktur als binärem Baum realisiert werden. Die kapazitive Last an dem globalen Ausgang 404 hängt bei dem binären Baum aus Fig.4 nicht von der Anzahl der Eingänge ab. Sie entspricht stets der Drain-Kapazität der vier

Transistoren 401a, 401b, 402a, 402b, die am Ausgang 404 anliegen.

Im Weiteren wird bezugnehmend auf Fig.5 eine Logik-Grundzellen-Anordnung 500 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Im Unterschied zu der Logik-Grundzellen-Anordnung 400 aus Fig.4 ist die Logik-Grundzellen-Anordnung 500 aus Fig.5 nicht in statischer CMOS-Logik aufgebaut, d.h. Fig.5 zeigt nicht einen p-MOS-Pfad, der im Wesentlichen spiegelgleich zu einem n-MOS-Pfad aufgebaut ist. Die Logik-Grundzellen-Anordnung 500 ist nur aus einem Datensignalpfad gebildet, welcher der n-MOS-Teilschaltung 411 aus Fig.4 entspricht. Somit ist der interne Aufbau der n-MOS-Teilschaltung 411 aus Fig.5 im Wesentlichen identisch zu jener aus Fig.4. Im Unterschied zu der Logik-Grundzellen-Anordnung 400 ist somit bei der Logik-Grundzellen-Anordnung 500 genau ein Datensignalpfad 411 aus n-MOS-Feldeffekttransistoren vorgesehen, wohingegen der in Fig.3 gezeigte Datensignalpfad 410 aus p-MOS-Feldeffekttransistoren eingespart ist. Dies führt zu einer besonders platzsparenden Anordnung.

Ein Ausgabesignal, welches das Ergebnis der Verarbeitung der Datensignale a_0 , a_1 , a_2 , a_3 der ausgewählten Logikfunktion darstellt, ist an einem Knoten 404 des Datensignalpfads 411 bereitgestellt, welcher Ausgang mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss eines n-MOS-Evaluierungs-Transistors 501 gekoppelt ist. Bei einem entsprechenden Signal an einem mit dem Gate-Bereich des Evaluierungs-Transistors 501 gekoppelten Evaluier-Eingang 503 liegt an einem mit dem zweiten Source-/Drain-Bereich des Evaluierungs-Transistors 501 gekoppelten globalen Ausgang 505 der Logik-Grundzellen-Anordnung 500 das

verarbeitete Ausgabesignal an. Der zweite Source-/Drain-Bereich des Evaluierungs-Transistors 501 ist mit einem ersten Source-/Drain-Bereich eines p-MOS-Vorlade-Transistors 502 gekoppelt, dessen zweiter Source-/Drain-Bereich auf das elektrische Versorgungspotential 127 gebracht ist. Bei einem entsprechenden Signal an einem mit dem Gate-Bereich des Vorlade-Transistors 502 gekoppelten Vorlade-Eingang 504 liegt an dem mit dem ersten Source-/Drain-Bereich des Vorlade-Transistors 502 gekoppelten Ausgang 505 der Logik-Grundzellen-Anordnung 500 das elektrische Versorgungspotential 127 als Referenzpotential an.

Verglichen mit Fig.4 ist in Fig.5 somit der Pfad aus p-MOS-Transistoren eingespart. Das Pull-Down-Netzwerk 411 ist in Fig.5 wie in Fig.4 aus n-MOS-Transistoren gebildet, wohingegen in Fig.5 das Pull-Up-Netzwerk 410 aus p-MOS-Transistoren eingespart ist und durch einen statisch oder dynamisch geschalteten Precharge-Transistor 502 ersetzt ist. Alternativ zu Fig.5 kann auch der Signalpfad aus n-MOS-Transistoren gemäß Fig.4 eingespart und durch ein Vorlade-Transistor ersetzt werden, wobei in diesem Fall ein Signalpfad aus p-MOS-Transistoren vorgesehen ist.

Bei der nicht-statischen CMOS-Realisierung der erfindungsgemäßen Logik-Grundzellen-Anordnung 500 gemäß Fig.5 ist somit ein Pull-Up-Transistor 502 vorgesehen, der in einem Teilintervall der Schaltzeit der Logik-Grundzellen-Anordnung 500 den Ausgang 505 auf einen logischen Wert "1" vorlädt (Precharge-Phase), wohingegen in der restlichen Schaltzeit die ausgewählte Logikfunktion im erfindungsgemäß realisierten Pull-down-Pfad 411 errechnet wird (Evaluierungs-Phase).

Alle Schaltungen, die wenigstens einen der beiden Pfade (Pull-Up- oder Pull-down-Pfad) der Struktur von Fig.4 enthalten, stellen ebenfalls eine Logik-Grundzelle bzw. eine Logik-Grundzellen-Anordnung im Sinne der Erfindung dar, unabhängig davon, wie das jeweils entgegengesetzte Logikpotential realisiert wird.

Im Weiteren wird bezugnehmend auf Fig.6A, Fig.6B eine Alternative zu den ersten und zweiten n-MOS-Teilpfaden 101a, 101b bzw. zu den ersten und zweiten p-MOS-Teilpfaden 102a, 102b der Logik-Grundzelle 100 aus Fig.1 beschrieben.

In Fig.1 wird die Logikteilfunktion, die von den Teilpfaden 101a, 101b, 102a, 102b realisiert wird, mittels Vorgebens von Logikfunktionssignalen s_0 bis s_7 definiert. Dadurch werden bestimmte Pfade innerhalb des Transistornetzwerkes leitend gemacht, andere Pfade für den Signaltransport ausgeschlossen, so dass die an den Eingängen der Teilpfade 101a, 101b, 102a, 102b bereitgestellten Eingangssignale a_0 , a_1 , $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$ gemäß der dadurch ausgewählten Logikteilfunktion verknüpft werden.

Der in Fig.6A, Fig.6B gezeigte p-MOS-Teilpfad 600 bzw. n-MOS-Teilpfad 610 stellt jeweils eine Realisierung dar, bei der die von den Teilpfaden 600, 610 realisierten Logik-Teilfunktionen mittels Festverdrahtens vorgegeben sind. Dass heißt, dass die Logikauswahl-Transistoren aus Fig.1 in Fig.6A, Fig.6B durch Vias bzw. Metallbrücken ersetzt sind.

Der p-MOS-Teilpfad 600 aus Fig.6A unterscheidet sich von dem ersten und zweiten p-MOS-Teilpfaden 102a, 102b aus Fig.1 dadurch, dass die Logikauswahl-Transistoren 116 bis 119 durch fest verdrahtete Kontaktierungselemente ersetzt sind, gebildet aus Komponenten 601 bis 603. Ähnlich unterscheidet

sich der n-MOS-Teilpfad 610 aus Fig.6B von den ersten und zweiten n-MOS-Teilpfaden 101a, 101b aus Fig.1 dadurch, dass die Logikauswahl-Transistoren 108 bis 111 durch fest verdrahtete Kontaktierungselemente ersetzt sind, gebildet aus Komponenten 601 bis 603. Die Verschaltung der Datensignal-Transistoren 120 bis 123 bzw. 112 bis 115 in dem p-MOS-Teilpfad 600 bzw. in dem n-MOS-Teilpfad 610 ist hardwaremäßig fest vorgegeben, das heißt mittels Kontaktierungselementen einer ersten Metallisierungsebene 601, einer zweiten Metallisierungsebene 602 mittels Vias 603. Die Vias 603 sind senkrecht zu der Papierebene von Fig.6A, Fig.6B verlaufend gebildet. Die Logikauswahl-Elemente in Fig.6A, Fig.6B sind als unveränderliche Hardwareelemente vorgesehen, realisiert mittels der Metallisierungsebenen 601, 602 und der Vias 603. Die Verdrahtung der Datensignal-Transistoren 112 bis 115 bzw. 120 bis 123 legt eine jeweils fest vorgegebene Logikfunktion fest. Anders ausgedrückt sind in Fig.6A, Fig.6B Konfigurationstransistoren 108 bis 111 bzw. 116 bis 119 durch Viabrücken $s_0p...s_3p$ bzw. $s_0n...s_3n$ ersetzt. Ferner ermöglichen Power-Vias 604, eventuell entfallende Logikpfade von der Versorgungsspannung 127 VDD bzw. von dem Massepotential VSS 126 zu trennen.

Alternativ können die Schalter zwischen einzelnen Transistoren in Fig.6 auch durch alle anderen Via Ebenen, jede beliebige Metalllage, Polysilizium, Diffusionsgebiete oder über jede andere geeignete Ebene eines gegenwärtigen oder eines zukünftigen CMOS-Prozesses hergestellt werden. Die Realisierung aus Fig.6A, Fig.6B ist innerhalb der Standard-CMOS-Schaltungstechnik eine besonders kleine, schnelle und von der Leistungsaufnahme her besonders günstige Realisierung.

In der Realisierung aus Fig. 6A, Fig. 6B in Standard-CMOS-Technologie werden zwei Eingangsinverter 124, 125 verwendet, zum Erzeugen der Potentiale $\overline{a_0}$, $\overline{a_1}$ aus den Datensignalen a_0 bzw. a_1 . Es ist möglich, die Eingangsinverter 124, 125 einzusparen, indem in dem Pull-Up-Pfad 600 auch n-Kanal-Transistoren und in dem Pull-Down-Pfad 610 auch p-Kanal-Transistoren verwendet werden. Um an einem Ausgang dennoch vollen Spannungshub zu erreichen, werden die Spannungsabfälle mittels Anhebens des Versorgungspotentials bzw. Absenkens des Massepotentials um ein Mehrfaches der Threshold-Spannung (Schwellenspannung) V_{th} kompensiert. Dabei ist bei langen Serienpfaden allerdings die elektrische Belastbarkeit der Transistoren zu beachten. Mit einer solchen Maßnahme lassen sich Anordnungen höchster kombinatorischer Packungsdichte aufbauen, wobei mehrere Versorgungsspannungen bereitgestellt sind.

Die erfindungsgemäße Realisierung der Logik-Grundzelle mit einem expliziten Multiplexer ist besonders dann eine interessante Variante, wenn die Unterfunktionen f_0 und f_1 aus Gleichung (1) zur weiteren Verwendung auf dem Chip für andere Anwendungen bereitzustellen sind. Ist dies nicht der Fall, ist die erfindungsgemäße Zerlegung mittels eines $c_{(n-1)}MOS$ -Struktur eine kompakt zu realisierende Variante, die in der realisierbaren Komplexität möglicherweise durch leicht erhöhte Verzögerungen aufgrund langer Transistorserienpfade begrenzt sein kann. Für sehr komplexe Funktionen kann eine Kombination aus beiden Ansätzen die beste Lösung darstellen. Für kombinatorische Funktionen mit mehr als sechs Eingängen ergeben sich Vereinfachungsmöglichkeiten, da mehr als 16 Funktionen von zwei Eingängen nicht existieren. Insbesondere ist es mit einer Via-programmierten Lösung möglich, sich die

09.03.04

46

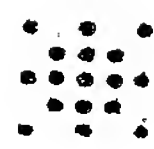
Vorteile der Erfindung in effizienter Weise zunutze zu machen.

In diesem Dokument sind folgende Veröffentlichungen zitiert:

5 [1] Wannemacher, M "Das FPGA-Kochbuch", Abb.6.4: SRAM-Zelle
von XILINX, 1. Auflage, International Thomson
Publishing Company, Bonn, 1998, S.111

10 [2] Wannemacher, M "Das FPGA-Kochbuch", Abb.7.36: Logikblock
(CLB) der XC4000-Familien, 1. Auflage, International
Thomson Publishing Company, Bonn, 1998, S.197.

[3] US 6,529,040 B1

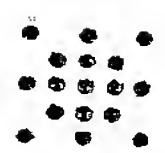


09.03.04

Bezugszeichenliste

- 100 Logik-Grundzelle
- 101 erster Datensignalfad
- 101a erster n-MOS-Teilpfad
- 101b zweiter n-MOS-Teilpfad
- 102 zweiter Datensignalfad
- 102a erster p-MOS-Teilpfad
- 102b zweiter p-MOS-Teilpfad
- 103 erster Datensignaleingang
- 104 zweiter Datensignaleingang
- 105 dritter Datensignaleingang
- 106 vierter Datensignaleingang
- 107a Datensignalausgang
- 107b Datensignalausgang
- 108 erster n-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 109 zweiter n-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 110 dritter n-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 111 vierter n-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 112 erster n-MOS-Datensignal-Transistor
- 113 zweiter n-MOS-Datensignal-Transistor
- 114 dritter n-MOS-Datensignal-Transistor
- 115 vierter n-MOS-Datensignal-Transistor
- 116 erster p-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 117 zweiter p-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 118 dritter p-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 119 vierter p-MOS-Logikauswahl-Transistor
- 120 erster p-MOS-Datensignal-Transistor
- 121 zweiter p-MOS-Datensignal-Transistor
- 122 dritter p-MOS-Datensignal-Transistor
- 123 vierter p-MOS-Datensignal-Transistor
- 124 erster Inverter
- 125 zweiter Inverter
- 126 Massepotential
- 127 Versorgungspotential

128 dritter Inverter
 129 erster n-MOS-Logik-Transistor
 130 zweiter n-MOS-Logik-Transistor
 131 erster p-MOS-Logik-Transistor
 132 zweiter p-MOS-Logik-Transistor
 140 erster Logikfunktionsblock
 150 zweiter Logikfunktionsblock
 160 erster Logikfunktionsblock
 170 zweiter Logikfunktionsblock
 200 Tabelle
 300 Logikfunktionsblock
 301 erster Inverter-Schaltkreis
 302 erster n-MOS-Inverter-Transistor
 303 erster p-MOS-Inverter-Transistor
 304 zweiter Inverter-Schaltkreis
 305 zweiter n-MOS-Inverter-Transistor
 306 zweiter p-MOS-Inverter-Transistor
 307 Versorgungspotential
 308 Massepotential
 309 Signalpfad-Einheit
 310 erster Signalpfad-Eingang
 311 zweiter Signalpfad-Eingang
 312 dritter Signalpfad-Eingang
 313 vierter Signalpfad-Eingang
 314 erster p-MOS-Logik-Transistor
 315 zweiter p-MOS-Logik-Transistor
 316 dritter p-MOS-Logik-Transistor
 317 vierter p-MOS-Logik-Transistor
 318 fünfter p-MOS-Logik-Transistor
 319 sechster p-MOS-Logik-Transistor
 320 siebter p-MOS-Logik-Transistor
 321 achter p-MOS-Logik-Transistor
 322 neunter p-MOS-Logik-Transistor
 323 zehnter p-MOS-Logik-Transistor
 324 elfter p-MOS-Logik-Transistor

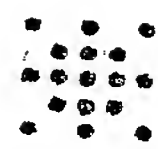


09.03.04

8

3

- 325 zwölfter p-MOS-Logik-Transistor
- 326 erster n-MOS-Logik-Transistor
- 327 zweiter n-MOS-Logik-Transistor
- 328 dritter n-MOS-Logik-Transistor
- 329 vierter n-MOS-Logik-Transistor
- 330 fünfter n-MOS-Logik-Transistor
- 331 sechster n-MOS-Logik-Transistor
- 332 siebter n-MOS-Logik-Transistor
- 333 achter n-MOS-Logik-Transistor
- 334 neunter n-MOS-Logik-Transistor
- 335 zehnter n-MOS-Logik-Transistor
- 336 elfter n-MOS-Logik-Transistor
- 337 zwölfter n-MOS-Logik-Transistor
- 338 erster Logikfunktions-Eingang
- 339 zweiter Logikfunktions-Eingang
- 340 dritter Logikfunktions-Eingang
- 341 vierter Logikfunktions-Eingang
- 342 dritter Inverter-Schaltkreis
- 343 dritter n-MOS-Inverter-Transistor
- 344 dritter p-MOS-Inverter-Transistor
- 350 erster Datensignaleingang
- 351 zweiter Datensignaleingang
- 352 Knoten
- 400 Logik-Grundzellen-Anordnung
- 401a dritter p-MOS-Logik-Transistor
- 401b vierter p-MOS-Logik-Transistor
- 402a dritter n-MOS-Logik-Transistor
- 402b vierter n-MOS-Logik-Transistor
- 403 Knoten
- 404 globaler Knoten
- 410 p-MOS-Teilschaltung
- 411 n-MOS-Teilschaltung
- 412 erste p-MOS-Logik-Grundzelle
- 413 zweite p-MOS-Logik-Grundzelle
- 414 erste n-MOS-Logik-Grundzelle



09.03.04

5

- 415 zweite n-MOS-Logik-Grundzelle⁴
- 500 Logik-Grundzellen-Anordnung
- 501 Evaluierungs-Feldeffekttransistor
- 502 Vorlade-Feldeffekttransistor
- 503 Evaluier-Eingang
- 504 Vorlade-Eingang
- 505 globaler Ausgang
- 600 p-MOS-Teilpfad
- 601 erste Metallisierungsebene
- 602 zweite Metallisierungsebene
- 603 Via
- 604 Power-Via
- 610 n-MOS-Teilpfad

Patentansprüche:

1. Logik-Grundzelle zum Bilden eines Ausgangssignals aus mindestens drei Eingangssignalen gemäß einer vorgebbaren

5 Logikfunktion

- mit einem ersten Logikfunktionsblock mit zwei
Datensignaleingängen, an denen ein erstes Eingangssignal
und ein zweites Eingangssignal anlegbar sind, und mit
einem Datensignalausgang zum Bereitstellen einer Logik-
Verknüpfung des ersten Eingangssignals und des zweiten
Eingangssignals gemäß einer vorgebbaren ersten
Logikteilmfunktion;
- mit einem zweiten Logikfunktionsblock mit zwei
Datensignaleingängen, an denen das erste Eingangssignal
und das zweite Eingangssignal anlegbar sind, und mit
einem Datensignalausgang zum Bereitstellen einer Logik-
Verknüpfung des ersten Eingangssignals und des zweiten
Eingangssignals gemäß einer vorgebbaren zweiten
Logikteilmfunktion;
- mit einem ersten Logik-Transistor mit einem ersten
Source-/Drain-Anschluss, der mit dem Datensignalausgang
des ersten Logikfunktionsblocks gekoppelt ist, mit einem
Gate-Anschluss, an dem ein drittes Eingangssignal
bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-
Anschluss, an dem das Ausgangssignal bereitstellbar ist;
- mit einem zweiten Logik-Transistor mit einem ersten
Source-/Drain-Anschluss, der mit dem Datensignalausgang
des zweiten Logikfunktionsblocks gekoppelt ist, mit
einem Gate-Anschluss, an dem ein zu dem dritten
Eingangssignal komplementäres Signal bereitstellbar ist,
und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, der mit
dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des ersten Logik-
Transistors gekoppelt ist.

35 2. Logik-Grundzelle nach Anspruch 1,

bei welcher der erste Logikfunktionsblock und der zweite
Logikfunktionsblock jeweils mindestens einen zusätzlichen

Datensignaleingang aufweisen, wobei an jeden der zusätzlichen
Datensignaleingänge ein zusätzliches Eingangssignal anlegbar
ist, womit die Logik-Grundzelle zum Bilden eines
Ausgangssignals aus mindestens vier Eingangssignalen gemäß
5 einer vorgebbaren Logikfunktion eingerichtet ist.

3. Logik-Grundzelle nach Anspruch 1 oder 2,
bei welcher der erste Logikfunktionsblock und der zweite
Logikfunktionsblock jeweils aus einer Mehrzahl von
10 miteinander gemäß der jeweiligen Logikteilfunktion
verschalteten Datensignal-Transistoren gebildet sind.

4. Logik-Grundzelle nach Anspruch 3,
bei der

- 15 • die Logik-Transistoren und die Datensignal-Transistoren
Transistoren eines ersten Leitungstyps sind, und wobei
die Transistoren des ersten Leitungstyps einen ersten
Datensignalfad bilden;
- 20 • ein zweiter Datensignalfad aus Transistoren eines
zweiten Leitungstyps, der zu dem ersten Leitungstyp
komplementär ist, gebildet ist, wobei zu jedem der
Transistoren des ersten Datensignalfads ein
entsprechend verschalteter Transistor in dem zweiten
Datensignalfad bereitgestellt ist;
- 25 • die zweiten Source-/Drain-Anschlüsse der Logik-
Transistoren des ersten Datensignalfads und die zweiten
Source-/Drain-Anschlüsse der Logik-Transistoren des
zweiten Datensignalfads miteinander gekoppelt sind.

30 5. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
mit einem Evaluierungs-Schalter, an den das Ausgangssignal
anlegbar ist, und mit einem Vorlade-Schalter, welche Schalter
derart verschaltet und steuerbar sind, dass an einem Ausgang
der Logik-Grundzelle bei geöffnetem Evaluierungs-Schalter und
35 geschlossenem Vorlade-Schalter das Ausgangssignal
bereitgestellt ist, und dass an dem Ausgang der Logik-
Grundzelle bei geöffnetem Vorlade-Schalter und geschlossenem

Evaluierungs-Schalter ein Referenzsignal bereitgestellt ist.

6. Logik-Grundzelle nach Anspruch 5,
bei welcher der Evaluierungs-Schalter und der Vorlade-
5 Schalter jeweils Transistoren sind.

7. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
eingerichtet als CMOS-Logik-Grundzelle.

10 8. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
bei der zumindest einer der Logikfunktionsblöcke als
• Programmable Logic Device;
• Field-Programmable Gate-Array;
• maskenprogrammierter Application-Specific Integrated
15 Circuit;
• Logik-Gatter oder Anordnung mehrerer Logik-Gatter; oder
• Look-Up-Tabelle
ausgebildet ist.

20 9. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
bei der zumindest einer der Logikfunktionsblöcke mindestens
einen Logikfunktionkonfigurationseingang aufweist, mittels
welchem dem jeweiligen Logikfunktionsblock die realisierbare
Logik-Teilfunktion unveränderlich vorgegeben ist.

25 10. Logik-Grundzelle nach Anspruch 9,
mit einer mit dem mindestens einen
Logikfunktionkonfigurationseingang gekoppelten Speicher-
Einrichtung, in welcher die Information zum Vorgeben der
30 realisierbaren Logik-Teilfunktion speicherbar ist.

11. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
bei der zumindest einer der Logikfunktionsblöcke mindestens
einen Logikfunktionkonfigurationseingang aufweist, mittels
35 welchem dem jeweiligen Logikfunktionsblock die realisierbare
Logik-Teilfunktion mittels eines anlegbaren Signals variabel
vorgegeben ist.

12. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei welcher zumindest einer der Logikfunktionsblöcke ferner aufweist:

- 5 • einen ersten Komplementär-Datensignaleingang, an den das zu dem ersten Eingangssignal logisch komplementäre Signal anlegbar ist;
- einen zweiten Komplementär-Datensignaleingang, an den das zu dem zweiten Eingangssignal logisch komplementäre
- 10 Signal anlegbar ist;
- ein erstes Logikauswahl-Element zwischen dem ersten Datensignaleingang und dem zweiten Datensignaleingang;
- ein zweites Logikauswahl-Element zwischen dem ersten Datensignaleingang und dem zweiten Komplementär-
- 15 Datensignaleingang;
- ein drittes Logikauswahl-Element zwischen dem zweiten Datensignaleingang und dem ersten Komplementär-Datensignaleingang;
- ein viertes Logikauswahl-Element zwischen dem ersten
- 20 Komplementär-Datensignaleingang und dem zweiten Komplementär-Datensignaleingang;

wobei an dem Datensignalausgang die Logik-Verknüpfung der zwei Datensignale gemäß der mittels der Logikauswahl-Elemente ausgewählten Logikfunktion bereitstellbar ist.

25 13. Logik-Grundzelle nach Anspruch 12, bei der die Logikauswahl-Elemente unveränderliche Hardware-Elemente sind.

30 14. Logik-Grundzelle nach Anspruch 12 oder 13, bei der die Logikauswahl-Elemente mittels einer Mehrzahl von Metallisierungsebenen und/oder mittels Vias realisiert sind.

15. Logik-Grundzelle nach Anspruch 14,

35 bei der

- das erste Logikauswahl-Element ein erster Logik-Transistor ist, der mittels eines ersten

Logikauswahlsignals steuerbar ist;

- das zweite Logikauswahl-Element ein zweiter Logik-Transistor ist, der mittels eines zweiten Logikauswahlsignals steuerbar ist;

- 5 • das dritte Logikauswahl-Element ein dritter Logik-Transistor ist, der mittels eines dritten Logikauswahlsignals steuerbar ist;

- 10 • das vierte Logikauswahl-Element ein vierter Logik-Transistor ist, der mittels eines vierten Logikauswahlsignals steuerbar ist.

- 15 16. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 12 bis 15, mit vier Datensignal-Transistoren, an deren Gate-Anschlüssen jeweils eines der Datensignale oder eines der zu einem der Datensignale logisch komplementären Datensignale bereitstellbar ist.

- 20 17. Logik-Grundzelle nach Anspruch 16, bei der ein erster Datensignal-Transistor derart verschaltet ist, dass dessen

- erster Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des ersten Logik-Transistors und mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des zweiten Logik-Transistors gekoppelt ist;
- zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss eines dritten Datensignal-Transistors gekoppelt ist.

- 30 18. Logik-Grundzelle nach Anspruch 17, bei welcher der dritte Datensignal-Transistor derart verschaltet ist, dass dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des vierten Logik-Transistors und mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss des dritten Logik-Transistors gekoppelt ist.

- 35 19. Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei der ein zweiter Datensignal-Transistor derart verschaltet

ist, dass dessen

- erster Source-/Drain-Anschluss mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des ersten Logik-Transistors und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten Logik-Transistors gekoppelt ist;
- zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss eines vierten Datensignal-Transistors gekoppelt ist.

20. Logik-Grundzelle nach Anspruch 19, bei welcher der vierte Datensignal-Transistor derart verschaltet ist, dass dessen zweiter Source-/Drain-Anschluss mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des zweiten Logik-Transistors und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss des vierten Logik-Transistors gekoppelt ist.

21. Logik-Grundzellen-Anordnung zum Bilden eines Anordnungsausgangssignals aus mindestens vier Eingangssignalen gemäß einer vorgebbaren Logikfunktion,

- mit einer ersten Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 20;
- mit einem dritten Logik-Transistor mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der ersten Logik-Grundzelle anlegbar ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein viertes Eingangssignal bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der Logik-Grundzellen-Anordnung bereitstellbar ist;
- mit einer zweiten Logik-Grundzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 20;
- mit einem vierten Logik-Transistor mit einem ersten Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal der zweiten Logik-Grundzelle anlegbar ist, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein zu dem vierten Eingangssignal komplementäres Signal bereitstellbar ist, und mit einem zweiten Source-/Drain-Anschluss, der mit dem zweiten Source-/Drain-Anschluss des dritten Logik-Transistors

gekoppelt ist.

22. Logik-Vorrichtung zum Bilden einer logischen Verknüpfung von mehr als vier Datensignalen,
- 5 mit einer Mehrzahl von Logik-Grundzellen-Anordnungen nach Anspruch 21.

Zusammenfassung

Logik-Grundzelle, Logik-Grundzellen-Anordnung und Logik-Vorrichtung

5

Eine Logik-Grundzelle enthält einen ersten Logikfunktionsblock und einen zweiten Logikfunktionsblock zur Logik-Verknüpfung eines ersten Eingangssignals und eines zweiten Eingangssignals gemäß einer vorgebbaren ersten bzw. zweiten Logikteilfunktion, sowie einen mit dem ersten Logikfunktionsblock gekoppelten ersten Logik-Transistor mit einem Gate-Anschluss, an dem ein drittes Eingangssignal bereitstellbar ist, und mit einem Source-/Drain-Anschluss, an dem das Ausgangssignal bereitstellbar ist. Ferner ist ein mit dem zweiten Logikfunktionsblock gekoppelter zweiter Logik-Transistor bereitgestellt, mit einem Gate-Anschluss, an dem ein zu dem dritten Eingangssignal komplementäres Signal bereitstellbar ist, und mit einem Source-/Drain-Anschluss, der mit dem Source-/Drain-Anschluss des ersten Logik-Transistors gekoppelt ist.

10

15

20

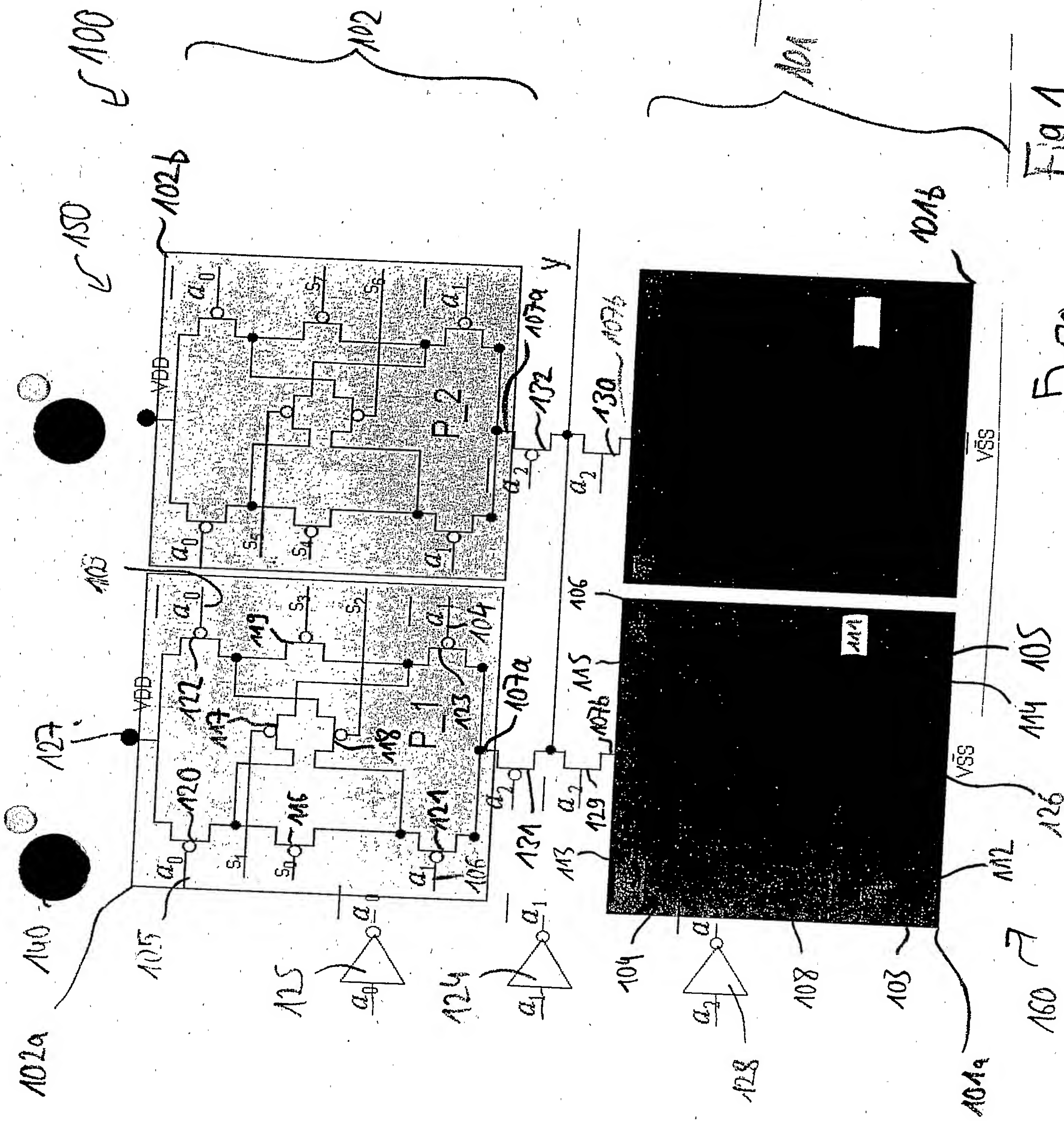


Fig. 1

F 170

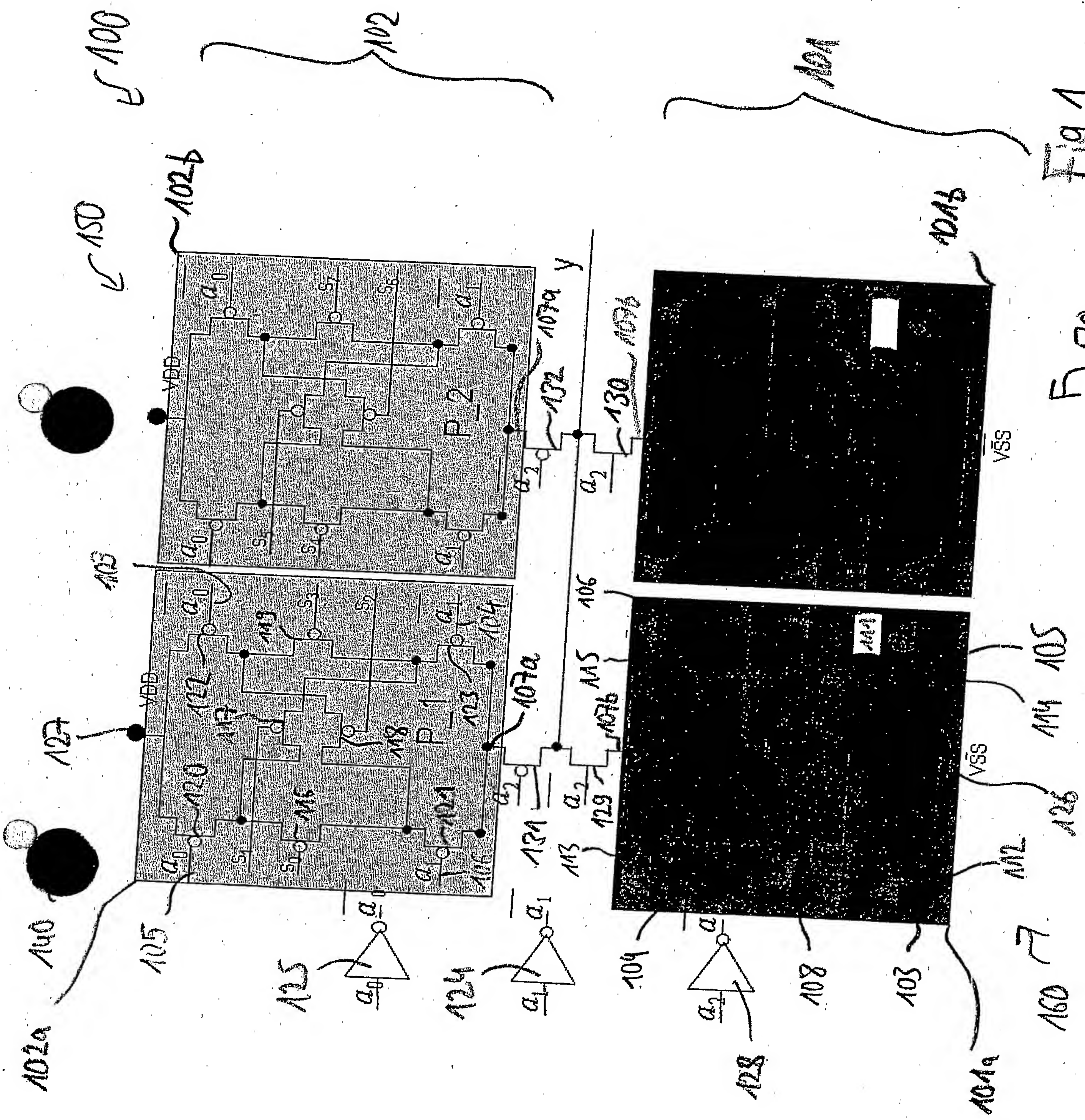
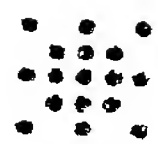


Fig. 1

F 710

1/5

00004



↖ 200

S_3	S_2	S_1	S_0	y_T
0	0	0	0	1
0	0	0	1	[OR]
0	0	1	0	$a_0 \vee \overline{a_1}$
0	0	1	1	a_0
0	1	0	0	$\overline{a_0} \vee a_1$
0	1	0	1	a_1
0	1	1	0	[XNOR]
0	1	1	1	[AND]
1	0	0	0	[NAND]
1	0	0	1	[XOR]
1	0	1	0	$\overline{a_1}$
1	0	1	1	$a_0 \wedge \overline{a_1}$
1	1	0	0	$\overline{a_0}$
1	1	0	1	$\overline{a_0} \wedge a_1$
1	1	1	0	[NOR]
1	1	1	1	0

Fig. 2

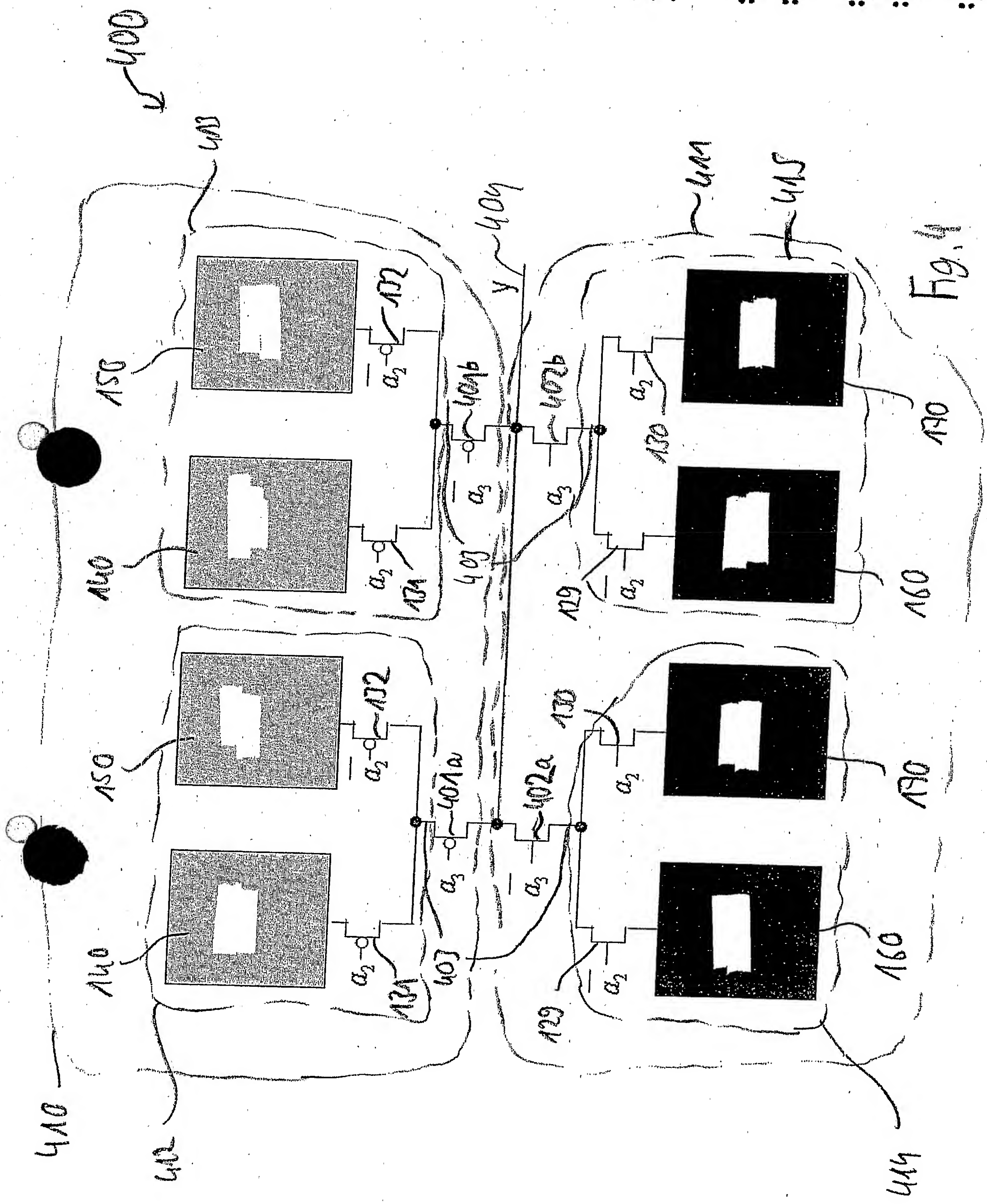
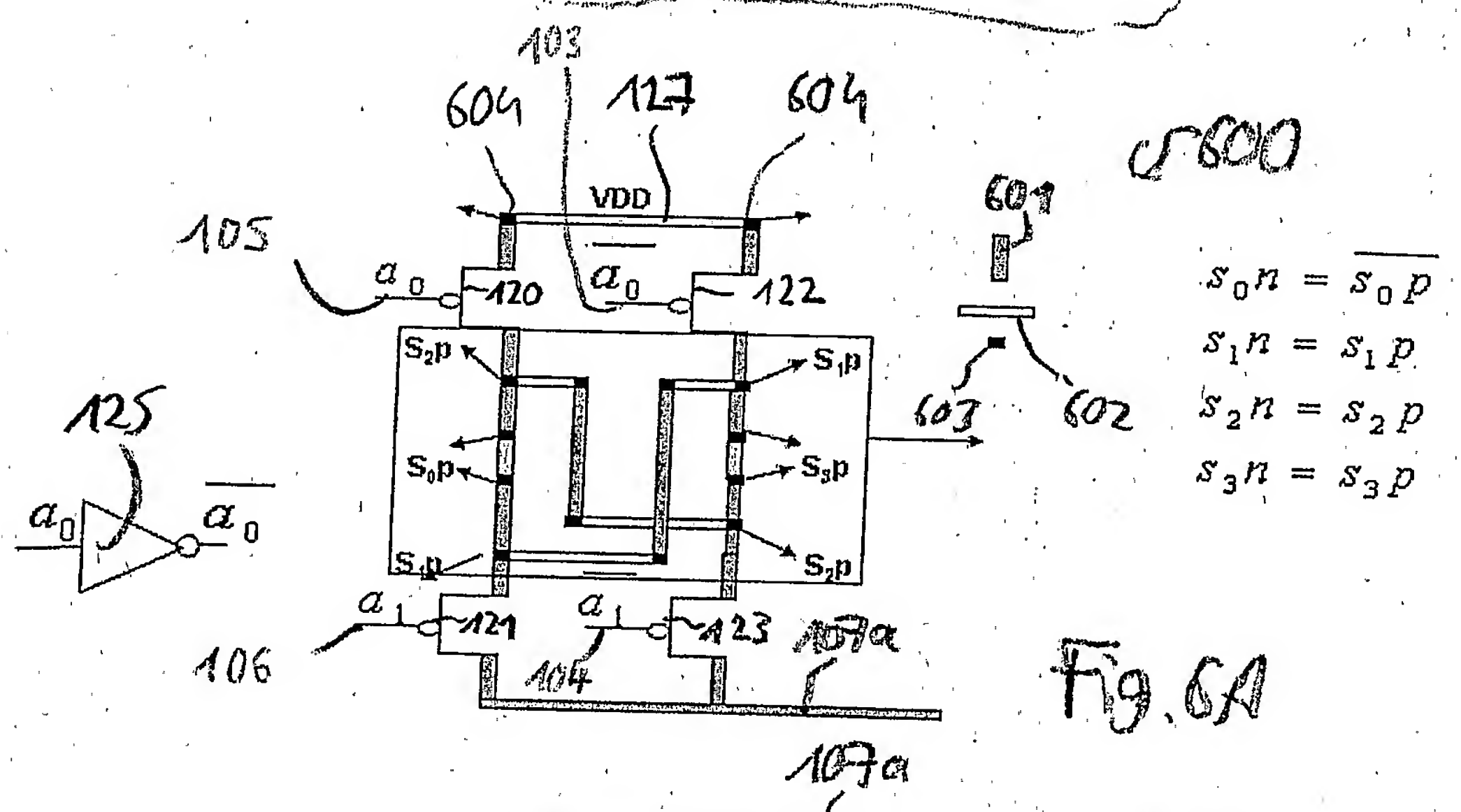
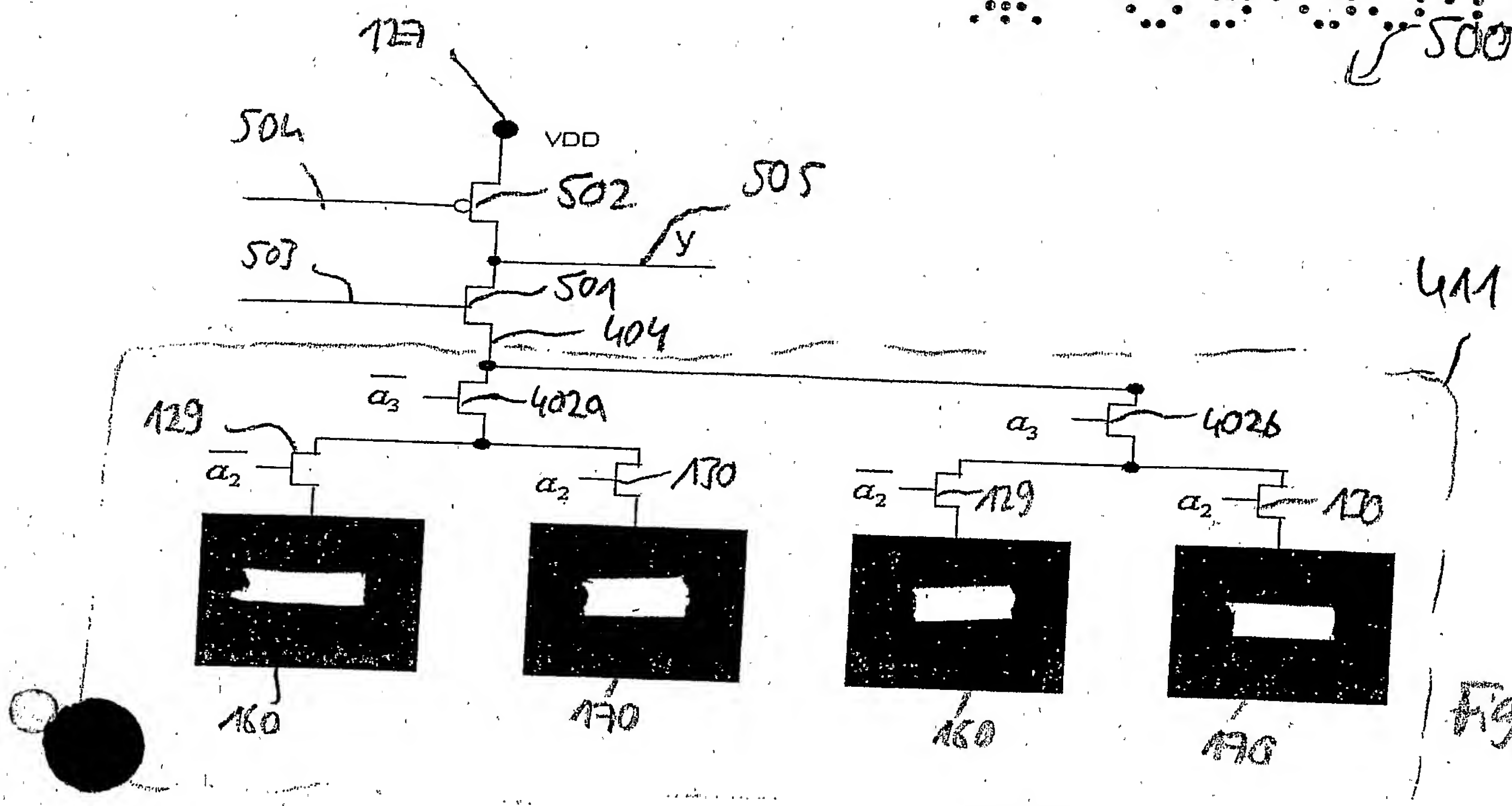


Fig. 4

500



$$\begin{aligned} s_0 n &= \overline{s_0 p} \\ s_1 n &= s_1 p \\ s_2 n &= s_2 p \\ s_3 n &= s_3 p \end{aligned}$$

